А. Г. Соболевский

Материалы в радиоэлектронике

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Справочная серия

Выпуск 492

А. Г. СОБОЛЕВСКИЙ

МАТЕРИАЛЫ В РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1963 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.315 (033)
С54

Справочник содержит сведения о материалах, с которыми радиолюбитель имеет дело при конструировании радиоаппаратуры: проводниках, диэлектриках, конструкционных металлах и изоляционном материале, низкочастотных и высокочастотных магнитных материалах, а также различных вспомогательных материалах — клеях, дереве, лаках, эмалях.

Предназначен для радиолюбителей-конструкторов.

Соболевский Анатолий Георгиевич
Материалы в радиоэлектронике
М.—Л., Госэнергоиздат, 1963
48 стр. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 492).

Редактор *А. И. Кузьминов* Техн. редактор *Н. А. Бульдяев*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 8/VII 1963 г. Подписано к печати 7/X 1963 г.
Т-12545 Бумага 84×108 1/32 2,46 п. л. Уч.-изд. л. 3,6
Тираж 98 000 экз. Цена 14 коп. Зак. 367

Типография № 1 Госэнергоиздата Москва, Шлюзовая наб., 10
Отпечатано в типографии № 4 Госстройиздата, г. Подольск, ул. Кирова, 25

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современной радиоэлектронике применяют самые разнообразные материалы. Поэтому радиолюбителю в практической работе приходится иметь дело с множеством материалов различного свойства и назначения. При весьма обширном их ассортименте радиолюбителю надо хорошо знать, в каких случаях можно применить тот или иной материал, так как далеко не все материалы, даже близкие по свойствам, взаимозаменяемы, особенно при работе на высоких частотах. Неосмотрительность в выборе, например, материала каркаса для высокочастотной катушки или магнитного сердечника для нее наверняка приведет к неудаче в работе, не даст возможности получить радиоаппарат с заданными параметрами. Вообще в современной радиотехнике правильный выбор материалов деталей аппарата зачастую играет решающую роль.

Применяемые в радиоэлектронике материалы можно условно разделить на четыре группы. Это проводники электрического тока — в основном металлы, из которых изготовляют провода, экраны, припои, крепежные детали и т. п. Ко второй группе относятся диэлектрики, предназначенные для разделения токопроводящих деталей. Кроме того, они часто используются как конструкционный материал для изготовления каркасов катушек индуктивности, панелей, ручек, деталей крепления и пр. Магнитные материалы в свою очередь подразделяются на магнитно-твердые, из которых изготовляют постоянные магниты, и магнитно-мягкие, предназначенные для работы на переменном токе. Наконец, в четвертую группу входят вспомогательные материалы: краски, эмали, дерево, клеи и пр.

А. Соболевский

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОВОДНИКИ С МАЛЫМ УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Сталь — железо с примесью углерода до 1,7%.

Мягкая углеродистая сталь содержит до 0,3% углерода. Выпускается следующих марок.

Сталь декопированная — хорошо сваривается и штампуется. Предназначена для штампованных деталей, несущих малую нагрузку: колпачки, обоймы, крышки, кожухи, крепежные скобы. Возможная замена: сталь марок 0,8КП, 10КП, 10.

Сталь Ст. 0 обыкновенного качества — хорошо сваривается и применяется для изготовления проволоки, сетки и т. п.

Сталь Ст. 3 обыкновенного качества — мягкая, вязкая, хорошо сваривается. Применяется для сварных конструкций, приспособлений, щитков, кожухов, прокладок, угольников и т. п. Возможная замена: сталь марок 10 и 15.

Сталь 10 (а также 08КП, 10КП) качественная машиностроительная — хорошо штампуется в холодном состоянии, допускает холодную высадку, хорошо сваривается. Предназначена для изготовления малонагружаемых деталей и конструкций, требующих сварки, штамповки, гибки, сплющивания, отбортовки. Сталь марки 10КП применяется для деталей, изготовляемых глубокой вытяжкой: крышки, колпачки, платы и т. п. Возможная замена: сталь марок 15, 20, 25, 15КП и 20КП.

Сталь 20 качественная машиностроительная — хорошо сваривается и обрабатывается на металлорежущих станках. Пригодна для штамповки, гибки, вытяжки. Может подвергаться цементации и цианированию. Предназначена для изготовления ответственных штампованных деталей; для изготовления всех видов крепежа, а также деталей, от которых не требуется высокой прочности. Возможная замена: сталь марок 25, 30, 35 и 40.

Стали средней твердости содержат до 0,4% углерода. К таким сталям относятся следующие:

Сталь 30 качественная машиностроительная — хорошо куется и сваривается; для повышения обрабатываемости и закаливаемости предварительно нормализуется. Закаливается в воде, после чего приобретает твердую поверхность и мягкую сердцевину. Предназначена для изготовления деталей, которые по условиям работы должны иметь высокую поверхностную твердость при вязкой сердцевине. Возможная замена: стали марок 35, 40 и 45.

Сталь 40 качественная машиностроительная — обладает повышенной прочностью. После закалки обязателен отпуск. Применяется для изготовления мелких средненагружаемых деталей: втулок, винтов, гаек, колец, шайб, штифтов, осей, валов, шестерен,

а также деталей, изготовляемых холодной высадкой. Возможная замена: стали марок 45 и 50.

Твердые стали содержат до 0,65% углерода. К ним относятся следующие:

Сталь 45 качественная машиностроительная — высокопрочная и твердая при удовлетворительной вязкости. Сваривается, но после сварки необходима термическая обработка. Хорошо обрабатывается на металлорежущих станках. Применяется для изготовления деталей, требующих повышенной механической прочности: осей, зубчатых колес, деталей, изготовляемых холодной высадкой, ответственных крепежных деталей. Может работать на истирание.

Сталь 50 качественная машиностроительная — высокопрочная и твердая при удовлетворительной вязкости. Сваривается, но затем требует термической обработки. Поддается закалке. Применение то же, что у стали 45.

Сталь 65Г качественная машиностроительная — с повышенным содержанием марганца. Обладает высокой прочностью и износоустойчивостью при хороших пружинящих свойствах. Предназначена для изготовления деталей, работающих при знакопеременных нагрузках: рессор, пружин, пружинных шайб и т. п.

Стали Н, П, В пружинная — углеродистая, предназначена для изготовления пружин, навиваемых в холодном состоянии и не подвергаемых закалке.

Сталь А12 конструкционная автоматная — хорошо обрабатывается на металлорежущих станках. Может подвергаться цементации и цианированию. Предназначена для изготовления малонагружаемых мелких и средних деталей простой формы, требующих чистой поверхности и высокой поверхностной твердости: валов, упоров, втулок, осей и т. п. Возможная замена: стали марок А15, 15, 20, 30 и 35.

Инструментальные углеродистые стали содержат до 1,4% углерода. Выпускаются следующих марок:

Сталь У7А — для изготовления инструментов, подвергающихся ударам и толчкам: зубил, молотков, выколоток и т. п., Закаливается в воде и слабо в масле, обладает значительной вязкостью и твердостью, устойчива против смятия. Сваривается плохо. При высокой температуре механические свойства снижаются.

Сталь У8А — применение то же, что у стали У7А, а также для пробойников, ножей по металлу и изготовления пружин.

Сталь У10А — предназначена для изготовления инструмента, не подвергающегося ударам и требующего вязкости на острых лезвиях: резцов, сверл, фасонных штампов, метчиков, плашек и т. п.

Конструкционные легированные стали содержат, кроме углерода, примеси хрома, никеля, вольфрама, молибдена, ванадия и других металлов. Соответственно их называют: хромистая сталь, никелевая сталь и т. д. Эти присадки придают стали особые свойства. Хромистая сталь очень стойка против истирания и окисления. Никелевая сталь хорошо переносит удары. Хромоникелевая сталь марок 12ХН3А, 1Х3Н4А и 20ХН3А отличается высокой твердостью и вязкостью, а ее разновидность — нержавеющая сталь марки 14Х19Н9А (с присадкой марганца) — не подвержена коррозии. Хромансилевая сталь марки 30ХГСА обладает высокой прочностью, большой вязкостью и хорошо закаливается.

Листовая электротехническая сталь в радиотехнике относится к разряду магнитных материалов. Поэтому сведения о ней приведены в соответствующем разделе справочника.

Примерное содержание углерода в стали можно определить, наблюдая форму и цвет искр при обработке стали на наждачном круге. Малоуглеродистая сталь дает прямые соломенно-желтые искры почти без звездочек. Сталь с содержанием до 0,5% углерода дает маленькие светло-желтые искры. Углородистая (инструментальная) сталь с содержанием углерода до 0,7—1% дает светло-желтые искры с большим количеством звездочек. При содержании углерода до 1,2—1,4% световые линии укорачиваются, а число звездочек резко возрастает. Присутствие в стали хрома проявляется темно-красными линиями, а присутствие вольфрама — шарообразными искрами.

Алюминий — легкий и сравнительно мягкий металл белого цвета с голубоватым оттенком. Выпускается в виде листов, прутков, проводов, шин и фольги. Отожженный алюминий имеет марку АМ (алюминий мягкий), неотожженный — марку АТ (алюминий твердый). Обладает пластичностью, ковкостью, хорошо обрабатывается и легко поддается отливке. Сильно «засаливает» напильники и винторезный инструмент. Поэтому для обработки алюминия надо применять напильники с острой насечкой и чаще очищать их Резцы, сверла и фрезы следует затачивать острее, чем при обработке других металлов.

Алюминий быстро окисляется — покрывается плотной оксидной пленкой, которая предохраняет внутренние слои от дальнейшего окисления. Поэтому алюминиевые изделия не требуют антикоррозийного покрытия. Однако эта оксидная пленка представляет собой диэлектрик, и для получения надежного электрического соединения алюминиевых поверхностей ее нужно тщательно удалять.

Выпускаются следующие марки алюминия:

Алюминий А0 — применяется для изготовления малонагружаемых деталей: экранов, шильдиков, шкал, прокладок, скоб для крепления монтажных проводов, кожухов, колпачков, шасси, небольших каркасов. Отличается хорошей пластичностью и допускает глубокую вытяжку. Возможная замена: алюминий А2 и алюминиевые сплавы АД и АД1.

Алюминий А2 — применение то же, что у А0, и, кроме того, для изготовления пластин конденсаторов переменной и постоянной емкости. Отожженный применяется для деталей, изготовляемых методом холодной высадки: кожухов, экранов, колпачков, деталей профильной гибки. Нагартованный — для деталей, требующих жесткости: станин, обшивок, панелей, плат, стоек каркасов.

Фольга алюминиевая высокой чистоты 99,95 и 99,85 (числа указывают содержание алюминия в процентах) — предназначена для изготовления анодов электролитических конденсаторов.

Фольга алюминиевая АД и АД1—содержит присадки меди, магния и марганца. Бывает мягкая и твердая. Применяется для изготовления конденсаторов, а также для прокладок и т. п.

Кроме чистого алюминия в радиотехнике применяются алюминиевые сплавы АД и АД1, характеризуемые высокой пластичностью, электро- и теплопроводностью, а также стойкостью к коррозии. Они хорошо поддаются обработке давлением. Применяются для изготовления деталей, не несущих нагрузок, но требую-

щих применения материала высокой пластичности: полых деталей, обрамлений, кожухов, шайб, прокладок, маркировочных бирок.

Для изготовления алюминиевых деталей методом отливки существуют специальные алюминиевые литейные сплавы марок АЛ2, АЛ7, АЛ8 и АЛ9 с присадкой кремния. Они хорошо обрабатываются резанием и удовлетворительно сопротивляются коррозии.

Дюралюминий — сплав алюминия с медью. Обладает свойствами алюминия, но значительно тверже и прочнее его. Марки следующие:

Д1 — характеризуется средней пластичностью и высокой прочностью после термической обработки (закаливания и старения). В отожженном состоянии можно гнуть и вытягивать. Коррозийная стойкость невысокая. Применяется для изготовления деталей, не требующих большой прочности: втулок, стоек, опор, промежуточных шайб, обшивок каркасов, деталей разъемов и фишек, а также деталей, требующих глубокой вытяжки — экранов, стаканов и т. п. В закаленном состоянии применяется в деталях, требующих повышенной прочности: опор изоляторов, кронштейнов, подвесок.

Д6 — характеризуется повышенной прочностью, но невысокой пластичностью. В основном применяется для изготовления труб.

Д16 — сочетает высокую прочность с высокой пластичностью и удовлетворительной свариваемостью. Прочность приобретает после закаливания и естественного старения. Применяется для изготовления деталей, работающих при нормальных температурах и средних механических нагрузках: колпачков, крышек, экранов, фланцев, обойм, рефлекторов, каркасов, деталей штепсельных разъемов, шасси, панелей, заклепок, а также деталей глубокой вытяжки и профильной гибки. Закаленный применятся для изготовления оснований антенн, каркасов, блоков.

Д18П — сочетает повышенную пластичность с удовлетворительной свариваемостью и обрабатываемостью. Основное применение — заклепки.

Силумин — сплав алюминия с кремнием. Обладает хорошими литейными свойствами, но хрупок. Марки СИЛ-1 и СИЛ-2. Применяется для изготовления шасси, шкивов, фасонных деталей и т. п.

Медь — металл розовато-красного цвета. Выпускается в виде лент, листов, шин, проволоки, проводов. Обладает высокой электрической проводимостью (уступает лишь серебру), легко паяется и сваривается, относительно стойка по отношению к коррозии, хотя и требует антикоррозийного покрытия. Сравнительно мягка и тягуча, хорошо обрабатывается механическими инструментами.

Твердая медь (МТ) обладает высокой механической прочностью. Проволока из твердой меди пружинит. Если же медь подвергнуть отжигу (нагрев до 350° С и затем охлаждение), то получится мягкая медь (ММ), имеющая меньшую механическую прочность, но зато хорошо тянущаяся и не пружинящая.

Выпускаются следующие марки меди: М1, М2 и М3. Медь М1 применяется в основном для токоведущих деталей: проводов, контактных пластин, зажимов, шин. Медь М2 применяется для изготовления заклепок и прокладок, а из меди М3 изготовляют кольца, заклепки, уплотнительные прокладки, шайбы, трубопроводы, кабельные наконечники, экраны, кожухи.

Латунь — сплав меди с цинком. Цвет золотистый. Твердость латуни тем больше, чем больше сплав содержит цинка. Обладает пластичностью, вязкостью, хорошо поддается пайке, штамповке. При механической обработке в холодном состоянии на поверхности появляется наклеп — отвердение. Примеси других металлов изменяют ее свойства. Например, добавка олова придает ей антикоррозийные свойства, добавка свинца — антифрикционные свойства. Наиболее распространены следующие марки:

Латунь Л62 — обладает высокой пластичностью и коррозийной стойкостью при достаточной прочности. Пригодна для глубокой штамповки: экранов, кожухов, стаканов, фланцев, обрамлений, волноводов, а также деталей шасси, контактных лепестков, штепсельных вилок, шайб, гаек. Хорошо паяется и обрабатывается резанием.

Латунь Л68 — характеризуется высокими пластическими и механическими свойствами, хорошо обрабатывается давлением как в холодном, так и в горячем состоянии, паяется, обрабатывается резанием. Устойчива против коррозии. Применяется для изготовления деталей, не требующих высоких механических свойств, и для деталей глубокой вытяжки.

Латунь Л90 — обладает высокими механическими свойствами и стойкостью против коррозии. Хорошо обрабатывается в холодном состоянии. Применяется для изготовления деталей глубокой вытяжки, несущих большие механические нагрузки.

Латунь ЛС59-1 — свинцовая, характеризуется высокими механическими свойствами и коррозийной устойчивостью. Хорошо сваривается, паяется и обрабатывается резанием. Применяется для изготовления деталей неответственного назначения: фишек и разъемов, арматуры для пластмасс, направляющих штырей, фиксаторов, фланцев, шайб.

Бронза — сплав меди с различными металлами — алюминием, кадмием, оловом, фосфором, бериллием, кремнием, свинцом и пр. Фосфористая бронза прочная, твердая и кислотоупорная. Обладает очень хорошими пружинящими свойствами и применяется для изготовления токопроводящих пружин, скользящих контактов и т. п. Кадмиевая бронза обладает большой электропроводностью и механической прочностью, которую не теряет при нагреве до 250° С. Применяется для изготовления коллекторных пластин. Бериллиевая бронза имеет большую механическую прочность и хорошее сопротивление истиранию. Применяется для изготовления скользящих контактов, токопроводящих пружин, ножей выключателей и переключателей и т. п.

Перечисленные бронзы паяются и имеют хорошие антикоррозийные свойства.

Серебро — металл белого цвета, хорошо поддающийся механической обработке. Обладает наивысшей электропроводностью и хорошо паяется. Применяется для изготовления контактов реле, как покрытие проводов, предназначенных для намотки высокочастотных катушек индуктивности, серебрения керамики (в производстве конденсаторов). Применяется и как антикоррозийное покрытие.

Платина — металл серого цвета. Хорошо вытягивается в проволоку и раскатывается в листы. Применяется для изготовления контактов реле, термопар и нагревательных элементов в измерительной технике.

Вольфрам — металл серебристо-белого цвета. Очень жароупорен, тверд и прочен. При комнатной температуре не окисляется. Применяется для изготовления контактов и в производстве электронных ламп.

Цинк — мягкий металл серебристо-белого цвета. При нагревании до 200° С делается хрупким. На воздухе окисляется медленно, поэтому часто применяется как антикоррозийное покрытие. Легко паяется. Используется для приготовления раствора хлористого цинка — флюса для пайки; в концентрированной соляной кислоте растворяют кусочки цинка до тех пор, пока он не перестанет растворяться; хранить флюс в стеклянном флаконе с притертой пробкой (см. припои).

Как конструкционный материал используется редко.

Олово — мягкий металл серебристо-белого цвета с голубоватым оттенком. Стоек против коррозии и поэтому используется в качестве антикоррозийного покрытия.

Применяется в качестве припоя, чаще всего в сочетании с другими металлами.

Припои — представляют собой различные сплавы металлов, предназначенные для пайки. В зависимости от температуры плавления различают мягкие и твердые припои. К мягким относятся такие, у которых температура плавления ниже 400° С. Ими можно паять почти все металлы в различном сочетании, но при пайке необходимо применять флюсы, желательно защитные (например, канифоль). Применение активных флюсов (хлористый цинк, нашатырь, фосфорная кислота) вызывает усиленную коррозию.

Мягкие оловянно-свинцовые припои следующие:

ПОС-60 (сплав олова — 60% и свинца — 40%; температура плавления 230° С) — предназначен для пайки токопроводящих деталей, меди, медных луженых сплавов, серебра, луженого никеля, а также для ступенчатого паяния, когда вблизи мест спая ранее производилась пайка припоями с более высокой температурой плавления. В качестве флюса применяют раствор светлой канифоли (28%) в этиловом спирте с добавлением химически чистого глицерина (0,5%) для получения блестящей поверхности. При пайке белой жести и многопроволочных жил проводов лучше в качестве флюса применять чистую сосновую канифоль.

ПОС-40 (сплав олова — 40% и свинца — 60%; температура плавления 235° С) — предназначен для тех же целей, что ПОС-60.

ПОС-30 (сплав олова—30% и свинца—70%; температура плавления 256° С) — предназначен для пайки и лужения различных нетокопроводящих деталей из меди и медных сплавов, серебра, вольфрама, никеля, цинка и оцинкованных сталей, платины, луженого никеля, а также легированной и углеродистой сталей. В качестве флюса применяют смесь, состоящую из хлористого цинка (10%), канифоли светлой (20%), вазелина медицинского (70%), или состав из хлористого цинка (25%), соляной кислоты (0,6—0,7%), остальное вода.

При пайке оловянно-свинцовыми припоями изделий из меди, бронзы, стали, нержавеющей стали, нейзильбера, пермаллоя, константана, нихрома, а также оцинкованных, никелированных, посеребренных и луженых изделий (исключая детали радиомонтажа) значительно лучшие результаты дают флюсы ЛТИ (ЛТИ-1, ЛТИ-115

и ЛТИ-120), в состав которых, кроме канифоли и этилового спирта, входят анилин, фенилендиамин, диэтиламин и триэтаноламин.

При пайке медными припоями образуется соединение, которое по прочности не уступает прочности цельного металла. Марки медных припоев следующие:

ПМЦ-36 (сплав меди — 36%, с цинком — 64%; температура плавления 950° С) — предназначен для пайки медных сплавов, содержащих до 68% меди. Паяные швы не должны подвергаться ударным нагрузкам и изгибу. В качестве флюса применяется раствор, состоящий из хлористого цинка (15%), хлористого аммония (5%), соляной кислоты (0,6—0,7%), остальное вода.

ПМЦ-48 (сплав меди — 48%, с цинком — 52%; температура плавления 850° С) — назначение то же, что у ПМЦ-36.

ПМЦ-54 (сплав меди — 54%, с цинком — 46%; температура плавления 870° С) — предназначен для пайки бронзы и стали. Паяные швы не должны подвергаться ударной нагрузке или изгибу. Флюс тот же, что для припоя ПМЦ-36.

Серебряные припои создают особо прочное соединение. Марки этих припоев следующие:

ПСр12 (сплав серебра — 12%, меди — 36% и цинка — 52%; температура плавления 785° С) — предназначен для пайки латуни с содержанием меди более 57%. В качестве флюса применяется: а) бура; б) бура—50%, борная кислота—50%; в) хлористый цинк — 15%, хлористый аммоний (нашатырь) — 5%, соляная кислота — 0,6—0,7%, остальное вода.

ПСр25 (сплав серебра — 25%, меди — 40% и цинка — остальное; температура плавления 765° С) — предназначен для более тонких работ, чем припой ПСр12, когда требуются чистота места спая, высокая механическая прочность и антикоррозийная стойкость шва, а также при пайке деталей из латуни, стали, медных сплавов. Флюс тот же, что для припоя ПСр12.

ПСр70 (сплав серебра — 70%, меди — 26% и цинка — остальное; температура плавления 680° С) — предназначен для пайки проводов из меди, латуни, вольфрама, серебра и платины в тех случаях, когда место сплава не должно резко уменьшать электропроводность. В качестве флюса применяют: а) буру; б) смесь буры — 50% и борной кислоты — 50%.

Для пайки легкоплавких металлов или деталей, которые боятся нагрева, применяют специальные припои с низкой температурой плавления:

ПОСК-50 (сплав олова — 50%, кадмия — 18% и свинца — 32%; температура плавления 145° С) — для ступенчатых паек (медь, медные сплавы), когда вблизи места спая ранее производилась пайка более твердыми припоями.

ПОК-56 (сплав олова — 56% и кадмия — 44%; температура плавления 125° С) применение то же, что у припоя ПОСК-50.

ПОСВ-33 (сплав олова — 33,4%, свинца — 33,3% и висмута — 33,3%; температура плавления 130° С) — для пайки плавких предохранителей (константан, латунь, медь).

Особо легкоплавкие припои (первый сплав: олово — 32%, свинец — 15%, висмут — 53%; второй сплав: олово — 27%, свинец — 13%, висмут — 50%, кадмий — 10%; температуры плавления соответственно 96 и 70° С) — для пайки металлов и сплавов с температурой плавления 200° С и выше.

Свинец — очень мягкий металл синевато-серого цвета. На воздухе окисляется, покрываясь защитной оксидной пленкой, предохраняющей его от дальнейшего окисления. Применяется в качестве составной части припоев для пайки, оболочек кабелей и пластин аккумуляторов. Хорошо вытягивается в проволоку, которую применяют в качестве плавких вставок в предохранителях.

ПРОВОДНИКИ С БОЛЬШИМ УДЕЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Манганин — сплав меди, марганца и никеля. Цвет желтоватый. Обладает большой стабильностью сопротивления во времени и поэтому предназначен для изготовления образцовых сопротивлений; в этом случае предельно допустимая рабочая температура 60° С. Паяется оловянно-свинцовыми припоями.

Выпускается в виде проволоки диаметром от 0,02 до 1 *мм* в эмалевой и волокнистой изоляции, а также лент толщиной 0,01—1 *мм* и шириной 10—300 *мм*.

Константан — сплав меди и никеля. Применяется для изготовления проволочных сопротивлений, реостатов и электронагревательных элементов, если их рабочая температура не превышает 45° С. Выпускается в виде проволоки диаметром 0,03—1 *мм* в эмалевой и волокнистой изоляции. Кроме того, выпускают проволоку, покрытую оксидной изоляцией. Такую проволоку можно наматывать вплотную виток к витку, без дополнительной изоляции между витками, если напряжение между соседними витками не превышает 1 *в*. Константан паяется оловянно-свинцовыми припоями.

Константан в паре с медью или железом дает большую э. д. с., что позволяет использовать его для изготовления термопар. Однако это его свойство становится недостатком при использовании константановых сопротивлений в измерительных схемах: вследствие разности температур в местах контакта константановых проводников с медными возникают э. д. с., которые могут быть причинами ошибок, особенно в мостовых и потенциометрических схемах.

Разновидность константана представляют собой сплавы **нейзильбер** и **никелин.** Их удельные сопротивления соответственно равны 0,35 и 0,42 *ом·мм²/м*, а температурные коэффициенты сопротивления 0,00003 и 0,0002. Предельные рабочие температуры 250 и 150° С.

Нихром — жароупорный сплав на основе никеля (предельная рабочая температура 850—950° С). Может применяться для изготовления электронагревательных элементов. При нагревании на воздухе на поверхности нихрома образуется электроизолирующая оксидная пленка. Поэтому нихромовую проволоку можно наматывать виток к витку, если междувитковое напряжение не превышает 0,5 *в*.

Выпускают также изолированную нихромовую проволоку диаметром 0,02—0,4 *мм*, предназначенную для изготовления сопротивлений. Не паяется.

Фехраль — сплав на основе железа с добавлением алюминия. Удельное сопротивление 1,4 *ом·мм²/м*, температурный коэффициент сопротивления 0,0001. Допустимая рабочая температура 900° С. Предназначен для изготовления электронагревательных элементов.

Основные свойства проводников приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные свойства проводников

Материал	Удельное сопротивление при 20° С, $ом \cdot мм^2/м$	Температурный коэффициент сопротивления на 1° С	Сопротивление по сравнению с медью	Температура плавления, °С	Удельный вес, $г/см^3$
Алюминий	0,026	0,004	1,5	660	2,7
Бронза фосфористая . .	0,115	0,004	6,6	900	8,8
Вольфрам	0,055	0,005	3,1	3 370	19,3
Золото	0,024	0,0037	3,3	1 060	19,3
Константан	0,49	+0,000005	28	1 600	8,9
Латунь	0,07	0,002	4	900	8,5
Манганин	0,42	±0,000005	24	1 200	8,4
Медь электротехническая	0,0175	0,004	1	1 080	8,9
Никель	0,07	0,006	4	1 450	8,8
Нихром	1,1	0,00015	63	1 400	8,2
Олово	0,11	0,0044	6,3	230	7,3
Платина	0,1	0,003	5,7	1 770	21,4
Ртуть	0,958	0,0009	5,5	—39	13,6
Свинец	0,21	0,004	12	330	11,4
Серебро	0,016	0,0036	0,92	960	10,5
Сталь	0,1	0,006	5,7	1 520	7,8
Цинк	0,06	0,004	3,4	420	7,1

ДИЭЛЕКТРИКИ

Керамика

Керамика представляет собой один из наиболее высококачественных изоляционных материалов, применяемых в современной радиотехнике. Керамические детали отличаются не только высокими электроизоляционными свойствами, но и высокой стойкостью при длительном воздействии повышенных температур, влажности и химически активных веществ. В противоположность пластмассам и другим электроизоляционным материалам керамика не стареет и не имеет остаточных деформаций в результате действия механических нагрузок.

В радиолюбительской практике керамика как конструкционный материал практически не применяется. Это объясняется ее большой твердостью и тем, что она совершенно не поддается обработке слесарными инструментами. Однако в виде готовых изделий керамика применяется чрезвычайно широко.

В обиходе керамикой называют материалы и изделия, изготовляемые путем обжига (спекания) мелко измельченной минеральной массы, основной частью которой служит глина. В технике термин «керамика» применяют ко многим материалам, изготовляемым таким же способом и имеющим подобную же структуру, хотя во многие из них глина не входит или составляет небольшую часть исходного материала.

Электроизоляционную керамику подразделяют на низкочастотную и высокочастотную.

К низкочастотной керамике относятся:

Электрофарфор, из которого изготовляют изоляторы, проходные изоляционные втулки, основания выключателей и различные электробытовые приборы.

Кордиеритовая керамика, применяемая для изготовления изоляции в электронагревательных приборах, а также как основания проволочных сопротивлений.

Сегнетокерамика, обладающая специфическим свойством: при механической деформации на ее поверхности возникают электрические заряды, если же пластинку из сегнетокерамики поместить в электрическое поле, она деформируется. Диэлектрическая проницаемость сегнетокерамики достигает нескольких тысяч и сильно изменяется при перемене температуры, а также при перемене окружающего электрического поля. Сегнетокерамика применяется также для изготовления конденсаторов КДС.

К высокочастотной керамике относятся следующие:

Муллитовая — радиофарфор, пирофиллит. В состав радиофарфора входят глина, углекислый барий и кварцевый песок. Пирофиллит изготовляют из минерала пирофиллита и глины. По своим свойствам они занимают промежуточное положение между обычным изоляторным фарфором и новыми видами установочной керамики.

Диэлектрическая проницаемость при частотах 0,5—5 *Мгц* составляет 6—6,5; температурный коэффициент диэлектрической проницаемости в интервале температур 20—80° С при тех же частотах $+(150 \pm 30)10^{-6}$; тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 *Мгц* $(30 \div 60)10^{-4}$.

Корундовая и корундо-муллитовая — алюминоксид, ультрафарфор и КМ-1. Алюминоксид содержит 95—98% чистой окиси алюминия и 2—5% минерализаторов — мрамора, глины, амарита и др. Отличается высокими электрическими, механическими и тепловыми свойствами и по теплопроводности приближается к теплопроводности металлов. Ультрафарфор и КМ-1 (корундо-муллитовая, первая) содержит 35—80% глинозема и 10—50% глинистых веществ с добавкой углекислого бария, ашарита, углекислого стронция. В зависимости от содержания глинозема ультрафарфор получил наименования УФ-46, УФ-53 и УФ-50. Электрические и механические свойства ультрафарфора выше, чем корундо-муллитовой керамики. Особенно высокими свойствами отличается ультрафарфор УФ-50, однако из ультрафарфора этой марки можно изготавливать только малогабаритные изделия.

Диэлектрическая проницаемость при частотах 0,5—5 *Мгц* составляет 6,8—7,4; температурный коэффициент диэлектрической проницаемости в интервале температур 20—80° С при тех же частотах $+(100 \pm 30)10^{-6}$; тангенс угла потерь при частоте 1 *Мгц* в том же интервале температур $(14 \div 24)10^{-4}$.

Цельзиановая,— в состав которой входят соединения цельзиана, а также углекислый барий, каолин и глина. Характерная особенность этой керамики заключается в незначительном температурном коэффициенте диэлектрической проницаемости $+(60 \pm 20)10^{-6}$ и очень малых диэлектрических потерях (тангенс угла диэлектрических по-

терь не более $6 \cdot 10^{-4}$) вплоть до температуры 300—400° С. Благодаря этим особенностям из цельзиановой керамики изготовляют каркасы для катушек индуктивности, изоляторы, конденсаторы большой реактивной мощности, работающие при высокой температуре и требующие особой стабильности параметров.

Диэлектрическая проницаемость этой керамики при частоте 0,5—5 *Мгц* составляет 6,5—7,5.

Стеатитовая — в ее состав входят тальк, глина и полевой шпат. Обладает высокими электроизоляционными и механическими свойствами. Выпускается марок СЦ-4, Б-17, С-55 и СК-1, из которых последние отличаются наибольшей механической прочностью.

Диэлектрическая проницаемость стеатита при частоте 0,5—5 *Мгц* составляет 6—7; температурный коэффициент диэлектрической проницаемости в интервале температур 20—80° С при тех же частотах $+(110 \pm 30) 10^{-6}$; тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 *Мгц* в том же интервале температур $(3 \div 10) 10^{-4}$.

Шпинелевая Ш-15 — в основе состава содержит шпинель. Диэлектрические потери ниже, чем у стеатита, а диэлектрическая проницаемость несколько больше. В настоящее время используется главным образом для изготовления конденсаторов низкого напряжения.

Конденсаторная — рутиловая (тиконд Т-80), перовскитовая (Т-150), титано-циркониевая (Т-20 и Т-40), станнатная (С-15). В основе этих материалов лежат соединения титана, олова и циркония. Они характеризуются повышенной и высокой диэлектрической проницаемостью (ее величина указана цифрами, входящими в обозначение марки). В зависимости от значения температурного коэффициента диэлектрической проницаемости (группы ТКε) керамики, идущей на изготовление конденсатора, последний окрашивают в соответствующий цвет (табл. 2).

Таблица 2

Наименование материала	Группа ТКε	Номинальное значение ТКε, 1/°С	Цвет окраски конденсатора
Т-150	К	$-\left(1\,300 {+200 \atop -300}\right) 10^{-6}$	Зеленый
Т-80	Д	$-(700 \pm 100) 10^{-6}$	Красный
Т-40	Л	$-(80 \pm 30) 10^{-6}$	Белый
Т-20, Т-40	М	$-(50 \pm 30) 10^{-6}$	Голубой
С-15	Р	$+(30 \pm 30) 10^{-6}$	Серый
Ш-15, УФ-53	С	$+(120 \pm 30) 10^{-6}$	Синий

Пористая керамика — содержит до 15% пор, что уменьшает величину диэлектрической проницаемости и вес изделия. В зависимости от применения (основания для реостатов и сопротивлений, основания для крепления электродов радиоламп и др.) пористую керамику изготавливают из той же керамической массы, свойства которой необходимы для получения деталей с заданными параметрами.

Применение высокочастотной керамики указано в табл. 3.

Таблица 3

Назначение	Характерные свойства	Название материала
Керамика для установочных деталей и конденсаторов малой емкости	Незначительная диэлектрическая проницаемость (менее 10)	Стеатит, ультрафарфор, цельзиановая керамика, корундомуллитовая, радиофарфор
Конденсаторная керамика:		
для высокочастотных контурных, термокомпенсирующих и разделительных конденсаторов	Большая диэлектрическая проницаемость, отрицательное значение TK_ε	Рутиловая (тиконд Т-80) и первоскитовая (Т-150) керамика
для высокочастотных термостабильных конденсаторов	Низкое значение TK_ε	Титано-циркониевая (Т-20, Т-40) и станнатная (С-15) керамика
для низкочастотных конденсаторов	Очень высокая диэлектрическая проницаемость	Стронций-висмутовый титанат
Пористая керамика для изоляторов в электронно-вакуумных изделиях	Низкое значение тангенса угла диэлектрических потерь	Пористая корундовая и стеатитовая керамика

Минеральные диэлектрики

Слюда — минерал, способный расщепляться на тонкие и упругие листочки Негигроскопична и теплостойка. Обладает хорошими электроизоляционными свойствами: удельное объемное сопротивление $5 \cdot 10^{14}$—$2 \cdot 10^{15}$ *ом·см*; электрическая прочность при толщине 45 *мк* порядка 2,5—3 *кв*; диэлектрическая проницаемость 6—7; тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 *Мгц* $(3 \div 6) 10^{-4}$.

Существует несколько сортов слюды, из которых в радиотехнике наибольшее применение имеет мусковит — прозрачный материал со стеклянным блеском. Выпускается следующих марок: образцовый — СО, фильтровой — СФ, низкочастотный — СНЧ, высокочастотный — СВЧ и защитный — СЗ. Мусковит применяют в качестве диэлектрика для конденсаторов, а также в качестве прокладок.

Другой сорт слюды — флогопит — материал темного цвета, применяют главным образом в электронагревательных бытовых приборах

Миканит — изготавливают из слюды, листочки которой склеивают в несколько слоев масляно-битумным или шеллачным лаком. Существуют несколько типов миканита:

Коллекторный марок КФ и КФ1 для прокладок между коллекторными пластинами электромашин. Электрическая прочность 18 *кв/мм*, удельное объемное сопротивление $1 \cdot 10^{12}$ *ом·см*.

Прокладочный марок ПМГ2 и ПФГ2 для прокладок в радиоаппаратуре и электротехнике. Электрическая прочность 15—20 *кв/мм*, удельное объемное сопротивление $1 \cdot 10^{11}$—$1 \cdot 10^{12}$ *ом·см*.

Формовочный марок ФМГ2 и ФСГ2 для изготовления каркасов катушек, трубок и других фасонных деталей. Обладает способностью под воздействием повышенной температуры и давления принимать необходимую форму. Толщина листов 0,15—1,5 *мм*. Электрическая прочность 27—38 *кв/мм*, удельное объемное сопротивление $1 \cdot 10^{12}$ *ом·см*.

Кроме перечисленных видов, существует гибкий миканит, который формируется при комнатной температуре и применяется в электромашиностроении, а также гибкий стекломиканит, изготовляемый из слюды флогопита, склеенной кремнийорганическим или масляно-глифталевым лаком и оклеенной стеклотканью или стекломарлей. Этот миканит применяется в нагревостойкой аппаратуре. Наконец, выпускают специальный нагревостойкий миканит, предназначенный для работ при сравнительно невысоких напряжениях, но в условиях высокой температуры. Применяется главным образом в электронагревательных приборах.

Микалента — очень гибкий материал из одного или нескольких слоев щипаной слюды (мусковита или флогопита), обклеенной при помощи глифталевого лака специальной тонкой бумагой, покрывающей слюду с одной или с обеих сторон. Применяется при обмоточных работах с повышенными требованиями к электрической прочности. Электрическая прочность микаленты 14—20 *кв/мм*. Выпускается следующих марок: ЛМС1, ЛМС11, ЛФС1 и ЛФС11 с толщинами 0,08—0,17 *мм*.

Аналогичны микаленте микашелк, микаполотно и стекломикалента, причем последняя изготавливается с применением кремнийорганического лака и стеклоткани и поэтому обладает повышенной нагревостойкостью.

Асбест — материал волокнистого строения. Из него изготавливают различные теплостойкие (до 400° С) изоляционные материалы: асбопряжи, асботкани, асболенты и асбошнуры. Гигроскопичен. Изделия из асбеста применяются только при низких частотах и низких напряжениях.

Воскообразные материалы и смолы

Церезин — светлый материал, получаемый из горного воска (озокерита — продукта перерождения нефти). Имеет очень малую гигроскопичность и высокие электроизоляционные свойства: электрическая прочность 15 *кв/мм*, удельное объемное сопротивление $1 \cdot 10^{16}$ *ом·см*, диэлектрическая проницаемость 2,2. Растворим в бензине и толуоле. Нанесенный на какую-либо поверхность в расплавленном виде (57—80° С) при затвердении образует тонкую, эластичную и нерастрескивающуюся пленку. Применяется для пропитки катушек индуктивности с целью повышения их механической прочности и предохранения от влаги, а также как заливочная масса для трансформаторов.

Парафин — белое воскообразное вещество с кристаллическим строением, получаемое при переработке нефти. Растворим в бензине, бензоле и минеральных маслах. Негигроскопичен. При нагревании до 55° С плавится. При застывании дает большую усадку. Электрическая прочность 20—30 *кв/мм*, удельное объемное сопротивление

$1 \cdot 10^{15}$—$1 \cdot 10^{17}$ *ом·см*. Применяется для пропитки изделий из картона и бумаги. Иногда радиолюбители пропитывают парафином каркасы катушек трансформаторов и дросселей. Применять парафин для пропитки каркасов ВЧ катушек следует только в том случае, если нет других, более высококачественных пропиточных материалов. Пропитка парафином каркаса катушки индуктивности резонансного контура приводит к ухудшению его параметров. В парафине проваривают деревянные изделия для придания им влагостойкости.

Галовакс — материал кристаллического строения светло-желто-зеленоватого цвета. Применяется для пропитки радиодеталей и изоляционных материалов методом проварки при температуре 160—170° С. Преимущество как пропиточного материала по сравнению с другими воскообразными материалами заключается в высокой температуре плавления (110—130° С), повышенной диэлектрической проницаемости порядка 5, негорючести. Электрическая прочность 8—10 *кв/мм*, удельное объемное сопротивление 10^{13}—10^{14} *ом·см*.

Канифоль — хрупкая смола от светло-желтого до темно-коричневого цвета. Растворяется в минеральных и растительных маслах, спирте, скипидаре, ацетоне и уксусной кислоте. При нагревании до 50—85° С размягчается, затем плавится. Применяется для изготовления лаков и в качестве флюса при пайке. Канифоль для пайки желательно брать чистую, прозрачную, светло-желтого цвета.

Волокнистые материалы и изделия из них

Бумага изоляционная — выпускается следующих видов:

Конденсаторная (марки КОН-I и КОН-II) — используется в качестве диэлектрика в бумажных конденсаторах. Отличается большой плотностью и однородностью. Выпускается толщиной от 7 до 30 *мк*. Электрическая прочность 30—35 *кв/мм*.

Кабельная (марки К-08, К-12 и К-17 — цифры указывают толщину в сотых долях миллиметра) — применяется для изоляции кабелей.

Телефонная (КТН —желтоватого цвета, КТК — красного, КТС — синего и КТЗ — зеленого) — применяется для изоляции жил телефонных кабелей и обмоточных проводов марок ПБ и ПББО. Толщина 0,05 *мм*.

Пропиточная (марки ИП-50 и ИП-63) — для изготовления листового гетинакса. Толщина от 0,09 до 0,13 *мм*. Электрическая прочность 5 *кв/мм*.

Намоточная — предназначена для изготовления фасонных изделий: труб, цилиндров, каркасов катушек трансформаторов и дросселей. Толщина 0,05 *м* 0,07 *мм*. Электрическая прочность 8 *кв/мм*.

Оклеечная — применяется для оклейки листов электротехнической стали. Толщина 0,033 *мм*. Бумага гладкая только с одной стороны.

Кабельную, телефонную и конденсаторную бумаги можно использовать в качестве прокладок между слоями при намотке трансформаторов и дросселей. Все виды бумаги допускают максимальную рабочую температуру 80—100° С.

Электрокартон (прессшпан) — выпускается следующих видов:

Электрокартон марок ЭВ, ЭВС и ЭВТ — плотный картон, применяется для изоляции при работе в условиях повышенной влажности (на воздухе).

Электрокартон марки ЭМ — мягкий картон, может работать в масле.

Электрокартон марки ЭМТ (тряпичный картон) — высококачественный картон толщиной 0,1—3,5 *мм*. Может работать в масле.

Электрокартон толщиной 0,1—0,5 *мм* выпускают в рулонах, а толщиной до 3,5 *мм* — в листах. Максимально допустимая рабочая температура 80—100° С. Электрическая прочность 8—11 *кв/мм*, у картона марки ЭМТ в зависимости от толщины — 21—64 *кв/мм*. Гигроскопичен, для повышения электроизоляционных свойств следует пропитывать в спиртовом растворе фенолальдегидной смолы.

Электрокартон применяют для изготовления различных электроизоляционных прокладок, каркасов обмоток трансформаторов и дросселей.

Фибра — изготовляется методом прессования из тонкой бумаги, пропитанной раствором хлорного цинка. Выпускается в листах марок ФТ (техническая) и ФЭ (электротехническая) толщинами 0,6—5 *мм*. Максимально допустимая температура 80—100° С, электрическая прочность 3,5—7 *кв/мм*. Обладает высокой механической прочностью, легко режется, пилится, строгается; при толщине до 6—8 *мм* штампуется, а при размачивании в горячей воде формуется. На фибровых стержнях можно нарезать резьбу. Очень гигроскопична. Ее влагостойкость может быть улучшена пропиткой в трансформаторном масле или парафине.

Применяется как конструкционный материал для изготовления небольших панелей, изоляционных стоек, втулок, шайб и других деталей.

Лакоткани — хлопчатобумажные или шелковые ткани, пропитанные электроизоляционными лаками. Шелковые ткани тоньше, а их электроизолирующие свойства лучше. Очень эластичны. Светлые лакоткани пропитаны масляными, а черные — масляно-битумными лаками. Последние обладают лучшими электроизолирующими свойствами. Выпускаются следующих марок:

Светлые лакоткани на хлопчатобумажной основе толщиной 0,15—0,24 *мм*: ЛШ1 — нормальная, с повышенными диэлектрическими свойствами; ЛШ2 — нормальная; ЛШС1 — специальная, с повышенными диэлектрическими свойствами, обладает повышенной стойкостью против действия трансформаторного масла и бензина; ЛШС2 — специальная; ЛШС — специальная, тонкая.

Черные лакоткани на хлопчатобумажной основе толщиной 0,17—0,24 *мм*: ЛХЧ1 — нормальная, с повышенными диэлектрическими свойствами; ЛХЧ2 — нормальная.

Светлые лакоткани на шелковой основе толщиной 0,08—0,15 *мм*: ЛШ1, ЛШ2, ЛШС1, ЛШС2 и ЛШС — см. светлые лакоткани на хлопчатобумажной основе.

Лакоткани могут работать при температуре до 80—105° С и имеют электрическую прочность в пределах 37—72 *кв/мм*. Применяются чаще всего в виде лент для междурядовой изоляции, для

закрепления проводов, намотанных секций катушек, трансформаторов и дросселей.

Стеклолакоткани — получают пропиткой стеклянных тканей лаком на основе битума, а также кремнийорганическими или эскапоновыми лаками. Стеклолакоткани, пропитанные битумными лаками, подразделяются на светлые и черные. Первые применяются в деталях, работающих при высоких температурах (до 125° С), вторые служат заменителями светлых шелковых или хлопчатобумажных лакотканей. Эскапоновые стеклолакоткани по своим свойствам близки к светлым стеклолакотканям. Кремнийорганические стеклолакоткани сохраняют свои свойства при нагреве до 180° С.

С течением времени и под действием повышенной температуры стеклолакоткани стареют, вследствие чего их механические и электрические свойства снижаются. Стеклолакоткани выпускают следующих марок:

ЛСТЧ — черная толщиной 0,11—0,2 *мм*; СПТ-3 — светлая толщиной 0,15—0,24 *мм*; ЛСС — светлая толщиной 0,05—0,06 *мм*, ЛСЭ-1 — эскапоновая толщиной 0,15—0,24 *мм*; ЛСК-7—кремнийорганическая толщиной 0,11—0,15 *мм*; ЛСК-1 и ЛСК-2 — кремнийорганические жесткая и мягкая толщиной 0,12—0,2 *мм*.

Лакобумага — изготовляется путем пропитки бумаги масляными лаками. Заменитель лакоткани. Обладает сходными с ней электроизоляционными свойствами, но значительно меньшей механической прочностью. Выпускается толщиной от 0,06 до 0,17 *мм*.

Лакированные электроизоляционные трубки линоксиновые, кембриковые) — представляют собой хлопчатобумажный чулок, пропитанный масляным лаком. Цвет от желтого до темно-коричневого. Трубки выпускаются длиной до 1 *м* с внутренним диаметром 1—6 *мм* и толщиной стенок 0,7—0,9 *мм*. Применяются для изоляции голых монтажных проводов, выводных концов обмоток трансформаторов, дросселей и т. п.

В настоящее время заменяются полихлорвиниловыми (см. винипласт).

Стеклолакочулок теплостойкий — представляет собой трубку из плетеного стекловолокна, пропитанного кремнийорганическим лаком. Применяют для изоляции монтажных проводов, работающих при температуре до 180° С. Может также использоваться для усиления изоляции высоковольтных проводов, работающих при повышенной температуре. Электрическая прочность 16 *кв/мм*. Стеклолакочулок выпускают с внутренним диаметром 1—8 *мм* при внешнем диаметре 1,5—8,5 *мм*.

Липкая лента — предназначена для изоляции мест соединения проводов, выводов и т. п. Монтерская прорезиненная лента имеет толщину 0,2—0,3 *мм* и ширину 10, 15 и 20 *мм*.

Смоляная лента — пропитана битумом с добавлением нефтяного масла. Такую ленту применяют для утолщения изоляции проводов в местах выводов, для подвязки проводов, а также в качестве заменителя монтерской прорезиненной ленты.

Стеклолента — изготовляется на основе стеклоткани путем пропитки ее кремнийорганическим лаком. Применяют в деталях, работающих при высоких температурах.

Полихлорвиниловая лента — применяется для сращивания и ремонта проводов в полихлорвиниловой изоляции.

ПЛАСТМАССЫ

Гетинакс — слоистый материал, изготовляемый методом горячего прессования из специальной бумаги, пропитанной фенолальдегидной или крезолальдегидной смолой. Обладает высокими электроизоляционными свойствами: удельное объемное сопротивление 10^7—10^{12} *ом·см*; электрическая прочность 16—40 *кв/мм*. Хорошо поддается механической обработке.

Выпускается листами толщиной 0,2—30 *мм* с размерами от 400×600 до 1 000×1 500 *мм* следующих марок.

Для работы в полях промышленной частоты

Гетинакс А — обладает повышенными электроизоляционными свойствами и маслостойкостью. Предназначен для изготовления высоковольтных устройств, работающих в трансформаторном масле.

Гетинакс Б — обладает повышенной электрической прочностью вдоль слоев. Применение то же, что у гетинакса марки А.

Гетинакс В — отличается повышенной механической прочностью. Применение то же, что у гетинакса марки А, но детали из него могут работать не только в масле, но и на воздухе.

Гетинакс Г — сохраняет электроизоляционные свойства в условиях повышенной влажности. Применяют для изготовления электроизоляционных деталей, работающих на воздухе при повышенной влажности.

Теплостойкость перечисленных марок гетинакса до 150° С.

Для работы в полях высокой частоты

Гетинакс Ав — обладает повышенными объемным и поверхностным сопротивлениями. Предназначен для работы в радиоустановках.

Гетинакс Бв — отличается низкими диэлектрическими потерями и повышенной нагревостойкостью. Предназначен для работы в телефонных установках.

Гетинакс Вв — отличается низкими диэлектрическими потерями. Предназначен для работы в высокочастотных и телефонных установках.

Гетинакс Гв — обладает пониженными в сравнении с гетинаксом марки Ав диэлектрическими потерями.

Термостойкость этих высокочастотных марок гетинакса в пределах 105° С. Гетинаксы марок Бв, Вв и Гв имеют блестящую поверхность.

В радиолюбительской практике из гетинакса изготавливают каркасы для катушек низкочастотных трансформаторов и дросселей, расшивочные панели и переходные колодки НЧ цепей, монтажные стойки и пр. Торцы деталей из гетинакса для предохранения от проникания в них влаги рекомендуется покрывать бакелитовым лаком.

Фольгированый гетинакс — с одной или двух сторон покрытый красно-медной фольгой. Предназначен для изготовления панелей методом печатного монтажа Выпускается в листах размерами 500×500 *мм* при толщине 1.5 *мм* и выше следующих марок:

Гетинакс ГФ-1Ав-50 — фольгированный с одной стороны и гетинакс Гф-2Ав-50 — фольгированый с двух сторон. Приме-

няется в радиоустановках, работающих при температуре воздуха от —40 до +60° С.

Гетинакс ГФ-1Вв-50 — фольгированный с одной стороны и гетинакс ГФ-2Вв-50 — фольгированный с двух сторон. Применяется в радиоустановках, работающих при температуре от —60 до +70° С.

Гетинакс Гф-1Гв-50 — фольгированный с одной стороны и гетинакс Гф-2Гв-50 — фольгированный с двух сторон. Применяется для высокочастотных установок, работающих при температуре от —60 до +70° С.

Толщина фольги для всех перечисленных марок 50 *мк*.

Текстолит — прессованный слоистый материал, изготовляемый из хлопчатобумажной ткани (бязи, миткаля и пр) или стеклолакоткани, пропитанной фенолальдегидной или крезолальдегидной смолами. Текстолит теплостоек (до 125—130° С), обладает высокими механическими свойствами, хорошо обрабатывается и шлифуется, устойчив против истирания. Однако его электроизоляционные свойства низки, особенно вдоль слоев ткани. Удельное объемное сопротивление 10^9—10^{10} *ом·см*, электрическая прочность 3,5—8 *кв/мм*. Детали из текстолита после механической обработки для повышения электроизоляционных свойств желательно пропитывать в спиртовом растворе фенолальдегидной смолы.

Из текстолита изготовляют платы, панели, прокладки, каркасы катушек НЧ трансформаторов и дросселей, зубчатые колеса, изоляционные втулки, стойки и т. п.

Выпускают в листах размерами от 450×600 до 700×1 500 *мм* толщиной 0,5—50 *мм* следующих марок:

Текстолит А — обладает повышенными электроизоляционными свойствами и маслостойкостью. Предназначен для изготовления изделий, работающих в трансформаторном масле и на воздухе.

Текстолит Б — отличается повышенными механическими свойствами и является конструкционным материалом для изготовления деталей, работающих на воздухе.

Текстолит ВЧ — отличается пониженными диэлектрическими потерями и предназначен для применения в радиоаппаратуре, работающей на воздухе.

Текстолит Г — обладает повышенными механическими свойствами и предназначен для работы на воздухе.

Текстолит СТ — имеет повышенную теплостойкость и предназначен для работы на воздухе.

Текстолит перечисленных марок носит название «листовой электротехнический». Текстолит ВЧ имеет блестящую поверхность.

Кроме этих марок, выпускается «текстолит поделочный» марок ПТК, ПТ и ПТ-1, обладающий худшими электроизоляционными свойствами, но отличающийся высокими механическими качествами. Гетинакс этих марок предназначен для изготовления различных конструкционных деталей.

Помимо листового гетинакса, выпускаются текстолитовые стержни диаметром 8, 13, 18, 25, 40 и 60 *мм*.

Стеклотекстолит — для его изготовления применяют стеклянные ткани, пропитанные специальными смолами Отличается высокой теплостойкостью (до 180° С), а также высокими электроизоляционными и механическими свойствами; хорошо обрабатывается Удельное объемное сопротивление порядка 10^{12} *ом·см*, электриче-

ская прочность 12 *кв/мм*. Однако с повышением температуры его диэлектрические свойства значительно изменяются Выпускаются следующие марки: СТ толщиной 0,5—7,5 *мм*; СТК-41 толщиной 0,5—30 *мм*; СВФЭ-2 толщиной 0,5—3,5 *мм*.

Эбонит — твердый вулканизированный каучук с большим содержанием серы. Выпускается в листах толщиной от 0,5 до 32 *мм*, стержнях диаметром 5—75 *мм* и трубках внутренним диаметром 2,8—50 *мм*. Под действием света желтеет. Восстановить черный цвет можно промывкой в нашатырном спирте, а затем в воде. Хорошо поддается механической обработке. Теплостоек до температуры 50—80° С. Детали из эбонита могут работать в условиях повышенной влажности.

В радиоаппаратуре применяется исключительно как поделочный материал.

Микалекс — твердый материал темно- или светло-серого цвета, получаемый путем горячего прессования смеси порошкообразной слюды и тонко размолотого легкоплавкого стекла. Обладает высокими электроизоляционными свойствами и малыми диэлектрическими потерями (тангенс угла потерь 0,006 на частоте 3 *Мгц*). Диэлектрическая проницаемость 8 при частоте 3 *Мгц*. удельное объемное сопротивление 10^{12} *ом·см*, электрическая прочность 13 *кв/мм*.

Имеет очень большую термостойкость (до 350° С) и влагостойкость. Прочен, хорошо обрабатывается сверхтвердыми сплавами и абразивными кругами.

Применяется для изготовления электроизоляционных деталей радиоаппаратуры, работающей при повышенной температуре и влажности, а также для изготовления деталей мощных колебательных контуров. Выпускается в виде прямоугольных пластин темносерого цвета толщиной 4, 5, 6, 8, 10, 12 и 15 *мм*.

Органическое стекло (плексиглас) — выпускается в виде листов толщиной от 2 до 30 *мм*. Обладает высокой прочностью и хорошо обрабатывается механически и методом пластической деформации при нагреве до 100—120° С с последующим медленным охлаждением. Приданную форму сохраняет при нагревании до 60° С. Хорошо склеивается смесью 50% ацетона и 50% этилацетата, в которой растворено 0,5—1% опилок плексигласа. Место склея можно сделать невидимым, если хорошо пригнать склеиваемые поверхности и подогреть их до 40° С.

Применяют для изготовления шкал, прозрачных экранов и как декоративный материал.

Винипласт (полихлорвинил) — эластичная пластмасса различных цветов. Обладает высокой прочностью и химической стойкостью. При нагревании до 65° С размягчается. Хорошо поддается механической обработке, прессованию, штамповке и формовке при подогреве до 85° С. Применяют главным образом для изоляции проводов и изготовления изоляционных прокладок.

Удельное объемное сопротивление 10^{14} *ом·см*, электрическая прочность 45 *кв/мм* Выпускается в виде листов размерами от 500×1 300 до 650×1 500 *мм* и толщиной 2—20 *мм*; в виде труб с наружным диаметром 10—166 *мм*, толщиной стенок 2—8 *мм* и длиной 1 500—3 000 *мм*; в виде стержней диаметром 5—45 *мм* и длиной 1 500—3 000 *мм*. Кроме того, выпускается пленка из винипласта толщиной 0,3—1 *мм*. Из винипласта изготовляют трубочки различ-

ных цветов, предназначенные для тех же целей, что и лакированные электроизоляционные трубки (см. волокнистые материалы).

Фторопласт-4 — серо-белая пластмасса, напоминающая парафин. Пригоден для работы при температурах до +250° С. Очень кислотоупорен. Легко поддается всем видам механической обработки. Удельное объемное сопротивление 10^{15} *ом · см*. Применяют для изготовления оболочек высокочастотных кабелей, каркасов катушек индуктивности и деталей, работающих при повышенной температуре или в химически активных средах. При нагревании до температуры выше 400° С начинает разлагаться, выделяя весьма ядовитый и химически активный газ фтор.

Полиэтилен — желтовато-белая эластичная пластмасса. Детали из него изготовляют методом литья под давлением и вытяжки. При нагревании до 110—130° С размягчается. Очень кислотоупорен. Удельное объемное сопротивление 10^{16} *ом · см*, электрическая прочность 40 *кв/мм*. Отличается малыми диэлектрическими потерями на высоких частотах — тангенс угла диэлектрических потерь 0,0002—0,0005, диэлектрическая проницаемость 2,3—2,4.

Применяют для изготовления каркасов высокочастотных катушек индуктивности, дросселей и изоляции высокочастотных кабелей.

Полистирол — высокочастотный изоляционный материал, не уступающий по качеству полиэтилену. Удельное объемное сопротивление 10^{15}—10^{18} *ом · см*, электрическая прочность 25—40 *кв/мм*, диэлектрическая проницаемость 2,5; тангенс угла диэлектрических потерь 0,0005. Листовой полистирол по внешнему виду напоминает чуть желтоватое органическое стекло, обычно мало прозрачное; пленка (стирофлекс) бесцветна и прозрачна. Хрупок, склонен к саморастрескиванию. Хорошо поддается механической обработке. При нагревании от 80 до 150° С переходит в пластичное состояние, в котором хорошо прессуется. Максимальная рабочая температура 70° С. Полистирол служит основой многочисленных пресс-материалов: 46, 46а, 89, 440, АГ-7, 350, ПКН-Д5, ПКН-Д10, ПКН-Д15 и др.

Полистирол применяется для изготовления каркасов высокочастотных катушек индуктивности, ламповых панелей, высокочастотных монтажных планок. В виде пленки используется в качестве конденсаторного диэлектрика и для прокладок. Кроме того, применяется для изготовления высокочастотных лаков.

Полиизобутилен П-155 — продукт полимеризации изобутилена. Цвет — от серого до зеленого. Методом литья под давлением из него изготовляют изоляцию высокочастотных разъемов и других подобных деталей, работающих при температуре от —60 до +70° С.

Полимонохлорстирол — полимер монохлорстирола в виде порошка или гранул белого или слабо-желтоватого цвета. Применяется для изготовления деталей высокочастотной изоляции методом прессования.

Полидихлорстирол — пластмасса желтовато-белого цвета, имеет повышенную теплостойкость (до 115—130° С), негорюч и устойчив к воздействию кислот. Применяется как высокочастотный диэлектрик (тангенс угла диэлектрических потерь 0,0004 при частоте 1 *Мгц*) при изготовлении деталей методом прессования и литья.

Поливинилкарбазол — наиболее теплостойкий высокочастотный диэлектрик (рабочая темпратура до 150° С). Однако при нагревании выше 300° С разлагается. Недостатки: обладает повышенной хруп-

костью и малой светостойкостью. Применяется для изготовления высокочастотных изоляционных деталей, изоляции кабелей, как заменитель слюды в конденсаторах и т. п.

Эскапон — твердый роговидный материал от светло-желтого до темно-коричневого цвета, изготовляемый из синтетического каучука. Применяется как высокочастотный материал для изготовления изолирующих деталей. Выпускается двух сортов с различной твердостью (М и Т). Эскапон М (мягкий) предназначен для изготовления деталей путем механической обработки с последующей вторичной полимеризацией. Эскапон Т (твердый) предназначен для изготовления деталей путем механической обработки без последующей полимеризации.

Фенопласты — представляют собой различные композиции на основе фенольноформальдегидной смолы (бакелитовой). Детали из фенопластов изготовляют методом прессования; они предназначены для работы на постоянном токе или токе промышленной частоты (50 *гц*). Прессовочные фенопласты, содержащие в качестве наполнителей древесную муку и минеральные вещества, подразделяются в зависимости от назначения на три типа:

I тип — пресс-порошки, применяемые главным образом для изготовления различных ручек, облицовочных панелей, конструкционных деталей. К ним относятся пресс-порошки марок К-18-2, К-15-2, К-17-2, К-19-2, К-20-2 и К-110-2. Удельное объемное сопротивление 10^9 *ом·см*, электрическая прочность 10 *кв/мм*.

II тип — пресс-порошки, предназначенные для изготовления панелей, колодок, щеткодержателей, различных изоляционных втулок и т. п. К этому типу относятся пресс-порошки марок К-21-22, К-211-2, К-220-23. Удельное объемное сопротивление $5 \cdot 10^{12}$ *ом·см*, электрическая прочность 13 *кв/мм*, тангенс угла диэлектрических потерь 0,09 при частоте 50 *гц*.

III тип — пресс-порошки, предназначенные для изготовления деталей технического и бытового назначения, к которым предъявляются повышенные требования по внешнему виду и механической прочности. К ним относятся пресс-материалы марок монолит-1, монолит-7 и монолит ФФ.

Кроме перечисленных типов фенопластов, существуют пресс-порошки марок К-211-3, К-211-4, К-211-34 и К-114-35А и Б, которые предназначены преимущественно для изготовления радиотехнических деталей. Пресс-порошки этих марок в сравнении с пресс-порошками II типа обладают повышенной тепло- и влагостойкостью и более высокими электроизолирующими свойствами: удельное объемное сопротивление 10^{13}—10^{15} *ом·см*, элекрическая прочность 12—17 *кв/мм*, диэлектрическая проницаемость 4,8—7, тангенс угла диэлектрических потерь (при частоте 1 *Мгц*) 0,01—0,02. Из пресс-порошков этих марок изготовляют ламповые панели, монтажные планки и т. п.

Фенопласты хорошо противостоят воздействию повышенных температур, воды, органических растворителей, кислот, слабых щелочей. Обрабатывают фенопласты слесарными инструментами. После механической обработки желательно покрывать изделия бакелитовым лаком. Следует учитывать, что на поверхности фенопласта при искрении вследствие обугливания пластмассы образуется проводящий слой. Теплостойкость фенопластов с органическими наполнителями не выше 100—110° С а с неорганическими наполнителями (кварц, слюда, асбест, стекловолокно) — до 130—150° С.

Кремнийорганические пресс-материалы (полисилоксаны) — представляют собой промежуточное звено между органическими и неорганическими веществами. Это объясняет их высокую теплостойкость — до 250—300° С при малой зависимости электроизоляционных свойств от температуры. На основе кремнийорганических соединений изготавливают термостойкие электроизолирующие жидкости, вазелиноподобную смазку для работы при температуре от —40 до +200° С, каучук с рабочей температурой до +250° С и смолы.

Из кремнийорганических смол изготавливают стеклолакоткани, стекломикаленты, миканиты, стеклотекстолит, а также пропиточные и покровные лаки.

Пресс-материалы на основе кремнийорганических смол изготавливают с неорганическими наполнителями. Удельное объемное сопротивление при 250° С в пределах 10^{10}—10^{11} *ом·см*, электрическая прочность 2—3 *кв/мм*, диэлектрическая проницаемость 7—10, тангенс угла диэлектрических потерь 0,01—0,06 в интервале температур 20—250° С. Наиболее распространены кремнийорганические пластмассы марок КМК-9, КМК-218 и К-41-5. Их теплостойкость достигает 200—250° С.

ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ И ЭМАЛИ

Лаки (коллоидные растворы пленкообразующих веществ в легко испаряющихся растворителях) подразделяются на покровные, пропиточные и клеящие. Покровные лаки служат для получения влагостойкого, механически прочного электроизолирующего покрытия, а также для защиты поверхности изделия от коррозии, пыли и придания ему красивого внешнего вида. Пропиточные лаки служат для пропитки влагопроницаемых материалов. Это улучшает электроизоляционные свойства изделия, повышает его теплостойкость Пропитка лаками катушек индуктивности повышает механическую прочность их обмоток. Клеящие лаки применяются для склейки электроизоляционных изделий.

Эмалями называют окрашенные лаки, имеющие повышенную механическую прочность.

Лак МЛ-92 — предназначен для электроизоляционной защиты деталей из гетинакса или подобных материалов. В основе лака — глифталевая и меламиноформальдегидная смолы. Покрытие глянцевое, механически прочное, устойчивое к воздействию воды, бензина, минерального масла и резкой смены температуры. Цвет — золотистый. Время высыхания при температуре +120°С — 2 *ч*. Растворитель: смесь толуола и уайт-спирита по 50%. Максимальная рабочая температура +150° С.

Лак СБ-1с — предназначен для электроизоляционной защиты объемного и печатного монтажа. Состоит из фенольноформальдегидной смолы, тунгового масла, янтаря и парафина. Покрытие глянцевое, бесцветное, механически прочное, устойчивое к действию воды, бензина, минерального масла и резкой смены температур (максимальная рабочая температура +150° С). Время высыхания при температуре +60° С — 4 *ч*. Растворитель: смесь ксилола 30% и уайт-спирита 70%.

Асфальтовый лак № 460 — покровный для аппаратуры, влагостойкий. Состоит из смеси льняного масла 29% *, битума 31%, ка-

* От общего веса.

нифоли 0,9% и сиккатива 0,1%. Растворитель: скипидар 5%, ксилол 36%. Сушка 10 *ч* при температуре 100—110° С.

Масляный лак № 320 — покровный термостойкий для катушек низкочастотных трансформаторов и дросселей. Состоит из смеси льняного масла 59%, канифоли 9% и скипидара 32%. Сушка 12—15 *мин* при температуре 210° С.

Масляный лак № 804 — термостойкий для пропитки катушек силовых и низкочастотных трансформаторов и дросселей. Состоит из льняного масла 35% и растворителя (бензин, уайт-спирит) 65%. Сушка 2—3 *ч* при температуре 105° С.

Лак глифталевый ГФ-95 (прежде № 1154) — термостойкий, для пропитки катушек низкочастотных трансформаторов и дросселей, а также дерева и деталей из текстолита и гетинакса Состоит из смеси глифталевой смолы, льняного масла 30% и растворителя (толуол 35% и спирт этиловый 35%). Сушка при температуре 105° С.

Глифтале-масляный лак № 1230 — термостойкий для пропитки катушек низкочастотных трансформаторов и дросселей, а также дерева. Состоит из смеси глифталевой смолы и льняного масла 40%. Растворитель: бензин или уайт-спирит 60%. Сушка 3 *ч* при температуре 105° С.

Бакелитовый лак № 861 — термостойкий для пропитки обмоток и каркасов трансформаторов и дросселей. Состоит из бакелитовой смолы 30% и спирта-сырца или денатурата 70%. Сушка 5—6 *ч* при температуре 110° С.

Шеллачный лак — для склейки и пропитки каркасов низкочастотных катушек и отделки дерева Состоит из шеллака 58% и спирта этилового 42%. Сушка 1 *ч* при комнатной температуре.

Нитроцеллюлозный лак — нетермостойкий для покрытия металлических и деревянных деталей. Состоит из нитроцеллюлозы 15—40% и смеси ацетона, амилацетата и этилацетата 60—85%. Сушка 12—15 *мин* при комнатной температуре.

Полистирольный лак — для пропитки высокочастотных катушек и склейки деталей из полистирола. Состоит из полистирольной смолы 20%, растворенной в бензоле и ксилоле 80% (или четыреххлористом углероде). Сушка 3—4 *ч* при комнатной температуре.

Эпоксидные лаки — термостойкие, покровные и пропиточные для катушек низкочастотных трансформаторов и дросселей. Весьма стойки к действию влаги и химически активных веществ. Состоят из эпоксидной смолы ЭД-5 (100%) и малеинового ангидрида (6—20%). После смешения компонентов лак годен к употреблению в течение 1 *ч*.

Другой состав — эпоксидный лак Э-4100. Представляет собой композицию из раствора эпоксидной смолы Э-41 в смеси растворителей и отвердителя № 1. Лак растворяют смесью: ксилол 40%, этилцеллозольв 30% и ацетон 30%. Непосредственно перед употреблением к 100 весовым частям лака добавляют 3 весовые части отвердителя № 1 и смесь тщательно перемешивают.

Эпоксидные лаки надежно склеивают дерево, ткани и даже металлы.

Кремнийорганические лаки — растворы кремнийорганических полисилоксановых смол в толуоле, бензино-скипидарной смеси или другом растворителе. Существует большое количество марок ЭФ-1, ЭФ-3, ЭФ-5, К-41, К-44, К-47, К-48, К-50, К-53, К-55, К-71, МК-4, МК-5 и МК-6. Применяются для пропитки и покрытия обмоток

низкочастотных катушек и деталей, работающих в условиях повышенной влажности или при высоких температурах (до 200° С). Сушка 1—2 *ч* при температуре 180—200° С.

Эмаль серая глифталевая СВД — для покрытия и пропитки низкочастотных катушек, а также для покрытия деталей машин и отделки изоляционных деталей, сушка которых допускается только при комнатной температуре (24 *ч*). Состоит из глифтале-масляного лака № 1230 (50%) и литопона и пиролюзита (18%).

Эмаль красная Л2464 — для окраски токоведущих частей радиотехнической аппаратуры, мест пайки и т. п. Состоит из смеси глифтале-масляного лака, нитроцеллюлозного лака и пигмента (сурика) 4—5%. Растворитель: смесь толуола и бутил-ацетата. Сушка 3 *ч* при комнатной температуре.

Эмаль красная КПД — для покрытия электроизоляционных деталей. Покрытие тердое, глянцевое, маслостойкое. Растворитель: толуол, сольвент. Сушка 3 *ч* при температуре 105° С.

Эмаль ЭП-51 — предназначена для покрытия высокочастотных и низкочастотных дросселей, импульсных и высоковольтных трансформаторов. Покрытие полуматовое, механически прочное, устойчивое к воздействию воды, масла, керосина и резкой смене температур (максимальная рабочая температура 120° С). Цвет серый, белый, синий, зеленый и защитный. Сушка 2 *ч* при температуре 80° С.

Эмаль ЭП-91 — предназначена для электроизоляционной защиты прецизионных сопротивлений, намотанных микропроводом со стеклоизоляцией или проводом ПЭВ, катушек реле и высокочастотных дросселей. Покрытие высокопрочное, глянцевое, устойчивое к воздействию влаги, минерального масла, бензина и резкой смены температур. Цвет защитный. Состоит из эпоксидной смолы Э-40 с добавлениями. Растворитель этилцеллозольв. Сушка 95 *мин* при температуре 190° С.

Эмаль ТК-3 красная силоксановая — предназначена для окраски сопротивлений и для электрической изоляции проводящих поверхностей пластмассовых, фарфоровых и стеклянных изделий (ламповых панелей, изоляторов, плит переключателей и т. п.). Покрытие полуглянцевое, механически прочное, атмосфероустойчивое. Выдерживает температуру +70° С в течение 100 *ч*. Устойчива против повышенной влажности. Сушка 1 *ч* при температуре 20° С и далее при постепенном подъеме температуры в течение 30—60 *мин* до 150° С с выдержкой при этой температуре 3 *ч*.

МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Магнитно-твердые материалы

Магнитно-твердые материалы предназначены для изготовления постоянных магнитов измерительных приборов, громкоговорителей, телефонов, поляризованных реле, и т. п. Такие магнитные материалы характеризуются большой коэрцитивной силой. Основные данные магнитно-твердых материалов приведены в табл. 4.

Углеродистые стали — находят применение для изготовления магнитов. Для увеличения коэрцитивной силы магниты из этих сталей закаливают. Размагничиваются при ударах и перемене температуры.

Таблица 4

Наименование материала	Остаточная индукция, *тс*	Коэрцитивная сила, *а/м*
Углеродистая сталь	0,7	4 800
Вольфрамовая сталь	1,0	4 800
Хромистая сталь	0,9—0,95	4 640—4 800
Кобальтовая сталь	0,8—0,85	8 000—13 600
Альни	0,5—0,7	20 000—40 000
Альниси	0,4	60 000
Альнико	0,63—1,23	40 000—52 000
Магнико	1,23	40 000
Вектолит	0,19	72 000
Феррроксдур	0,2—0,35	120 000

Вольфрамовая сталь — содержит 0,6—0,75% углерода и 5,5—6,5% вольфрама. Обладает повышенными по сравнению с углеродистыми сталями значениями коэрцитивной силы и остаточной индукции. Магниты из этих сталей тоже закаливают. Магниты из вольфрамовой стали боятся ударов и перемены температуры в значительно меньшей степени, чем магниты из углеродистой стали.

Хромистая сталь — содержит 0,9—1,1% углерода и 1,3—3,8% хрома. Магниты из этих сталей еще более стойки к ударам и перемене температуры, чем магниты из вольфрамовой стали, а также меньше изменяют свои магнитные свойства со временем.

Кобальтовая сталь — наилучшая из магнитных сталей. Кроме углерода, содержит 5—30% кобальта. С увеличением содержания кобальта увеличивается коэрцитивная сила магнита.

Все перечисленные магнитные стали обладают ковкостью, поддаются прокатке и механической обработке. Их выпускают в виде полос и листов.

К магнитно-твердым материалам относятся также сплавы альни, альниси, альнико и магнико, обладающие значительно лучшими магнитными свойствами, чем даже кобальтовая сталь.

Альни — сплав железа, алюминия 11—17% и никеля 20—33%. К недостаткам этого сплава относится невозможность по условиям технологии изготовить из него магниты весом более 300—500 *г*.

Альниси — отличается от альни наличием 1% кремния. Марка АНК. Обладает меньшим значением остаточной индукции, чем сплав альни, но из него можно изготовлять большие по размерам магниты.

Альнико — отличается от сплава альни наличием кобальта от 5 до 10%. Марки АНК01 и АНК03. Обладает большими значениями остаточной индукции.

Магниты из перечисленных сплавов изготовляют отливкой в формы и обрабатывают шлифованием. Закаливают магниты одновременно с отливкой.

Если магнит охлаждать после отливки в сильном магнитном поле, то сплав приобретает очень высокую коэрцитивную силу. Таким способом изготовляют сплав, называемый магнико (марка АК04), содержащий 10—15% никеля, 8—10% алюминия, 20—25% кобальта, остальное железо.

Сплавы альни, альниси, альнико и магнико отличаются высокой стойкостью в отношении воздействия температур, ударов и большой стабильностью магнитных свойств во времени. Эти сплавы нековки и очень тверды. Однако из них трудно получить небольшие магниты для измерительных приборов, миниатюрных громкоговорителей и т. п. Такие магниты чаще изготовляют по технологии керамики и пластмасс.

Металлокерамические магниты — получают путем спекания порошков из сплавов альни и альнико. Магнитные свойства таких магнитов несколько хуже, чем литых магнитов из этих же сплавов, но зато они могут быть очень малых размеров.

Разновидность металлокерамических магнитов — оксидные магниты, получаемые путем прессования порошков ферритов (см. ферриты) с последующим обжигом. Примером оксидных магнитов служит **вектолит** (феррит кобальта) и **ферроксдур** (феррит бария). На основе феррита бария изготовляют изотропные оксидные магнитные материалы, имеющие одинаковые магнитные свойства по всем направлениям (марка МБИ), и анизотропные — с повышенными магнитными свойствами в одном направлении (марка МБА). По магнитным свойствам материал марки МБИ близок к сплаву альни, а материал марки МБА — к сплаву типа альниси, но оксидные магниты обладают большей коэрцитивной силой.

Оксидные магниты на основе феррита бария можно намагничивать заранее, вне магнитной цепи, в которой они будут работать, в то время как магниты из других магнитных материалов приходится намагничивать после сборки магнитной цепи, в которой они работают, в противном случае теряется около 30% магнитной энергии.

Металлопластические магниты изготовляют из измельченных в порошок магнитных сплавов альни и т. п. Порошок перемешивают с бакелитовой смолой и из полученной массы прессуют магниты нужной формы. Коэрцитивная сила у пресс-магнитов такая же, как у литых магнитов из этих сплавов, а остаточная индукция в среднем вдвое меньше.

Магнитно-мягкие материалы

Магнитно-мягкие материалы предназначены для работы в переменных магнитных полях. Чтобы потери на перемагничивание были малыми, материал должен обладать малой коэрцитивной силой (узкой петлей гистерезиса), а чтобы были малы потери на вихревые токи, материал должен иметь большое электрическое сопротивление.

В большинстве случаев магнитно-мягкие материалы предназначены для изготовления сердечников катушек индуктивности. Поэтому эти материалы должны обладать высокой магнитной проницаемостью, чтобы даже при малой напряженности магнитного поля получалась большая магнитная индукция в сердечнике.

Низкочастотные

Технически чистое железо — железо армко (марки Э, ЭА и ЭАА), электролитическое железо и карбонильное железо.

Железо армко содержит малое количество примесей и немного углерода (0,025 — 0,1%). Обладает относительно большой магнитной проницаемостью, высокой индукцией насыщения, но ма-

лым удельным сопротивлением (0,1 *ом · мм²/м.*). Применяется для изготовления сердечников и полюсных наконечников различных электромагнитов, работающих при низких частотах в средних и больших магнитных полях, магнитопроводов реле, причем для уменьшения остаточной индукции (что необходимо для легкости отрыва якоря пружиной) между якорем и сердечником вводят неферромагнитную прокладку толщиной 0,01—0,05 *мм* (путем хромирования или цинкования поверхности); магнитопроводов динамических громкоговорителей, электроизмерительных приборов и магнитных экранов.

Электролитическое железо содержит небольшое количество углерода (несколько сотых процента). Получают путем электролиза. Имеет очень высокую индукцию насыщения, большую магнитную проницаемость, небольшую коэрцитивную силу и малое удельное сопротивление. Применяется для изготовления магнитных деталей имеющих сложную форму, методом прессования и спекания, после чего не требуется дальнейшей механической обработки. Кроме того, используется в производстве некоторых магнитодиэлектриков (например, радиофера), применяемых при низких и высоких частотах.

Карбонильное железо — представляет собой наиболее чистое техническое железо. Отличается высокой магнитной проницаемостью и индукцией насыщения, очень малой коэрцитивной силой и небольшим удельным сопротивлением.

Электротехническая сталь — содержит кремний, что повышает ее электрическое сопротивление и резко уменьшает коэрцитивную силу. Кремнистая сталь отличается характерным блеском в изломе очень тверда, при изгибе хрустит и дает трещину с рваными краями

В обозначении марки буква Э означает электросталь. Первая цифра указывает на средний процент содержания кремния. Вторая цифра характеризует электромагнитные свойства стали: 1 — потери обычные; 2 — пониженные; 3 — совсем малые; 4 — нормальные потери при 400 *гц*; 5 и 6 — повышенная магнитная проницаемость в слабых полях; 7 и 8 — повышенная магнитная проницаемость в средних полях. Третья цифра (0) обозначает, что сталь холоднокатаная (текстурованная).

Электротехнические стали применяются для:

магнитопроводов быстродействующих электромагнитных реле, дросселей и трансформаторов низкой частоты, двухстержневых трансформаторов, электромагнитных стабилизаторов напряжения (стали марок Э45, Э46 и им подобные);

сердечников низкочастотных магнитных усилителей относительно большой мощности (более 10 *вт*) — стали марок Э41, Э42, Э45, Э57, Э310 и Э320, имеющие высокую магнитную проницаемость и способные работать одновременно в переменном и постоянном магнитном поле;

ленточных сердечников импульсных трансформаторов (стали марок Э310, Э320 и др. текстурованные);

роторов и статоров мелких электрических машин (Э31 и др.), которые можно обрабатывать штамповкой;

двигателей и генераторов, работающих на частотах от 400 *гц* до 25 *кгц* (Э34 и Э44);

магнитопроводов мощных силовых трансформаторов, работающих в сильных магнитных полях (сталь марки Э43).

Из сталей марок Э41, Э42, Э44, Э45, Э46, Э47 и Э48 изготавливают стандартные штампованные пластины, покрытые изоляционными лаками или пленкой окислов, образующейся на поверхности при отжиге. Иногда пластины оклеивают тонкой бумагой или покрывают слоем клея БФ-2. Сердечники из пластин, покрытых клеем, стягивают и нагревают; в результате этого пластины склеиваются, образуя плотный пакет. Из текстурованных сталей изготавливают ленты толщиной 0,03—0,05 *мм*.

Пермендюр — сплав железа с кобальтом и ванадием. Выпускается в виде листов, полос и лент толщиной 0,2—1,6 *мм* и прутков диаметром 8—30 *мм*. Предназначен для работы в слабом переменном магнитном поле, но при сильном подмагничивании постоянным полем. Поэтому применяется для изготовления мембран телефонов, полюсных наконечников и соединительных деталей магнитопроводов динамических громкоговорителей и электромагнитов. Очень хрупок.

Пермаллой — сплав никеля и железа. Выпускается в виде листов и штампованных пластин толщиной 0,05—0,5 *мм*. Обладает значительно большей магнитной проницаемостью и меньшими потерями, чем электротехническая сталь. Существует несколько марок пермаллоя, имеющих различное процентное содержание никеля и железа и некоторых других металлов. Наибольшую магнитную проницаемость имеет пермаллой, состоящий из 78,5% никеля и 21,5% железа. Введение в состав пермаллоя молибдена, меди, хрома (молибденовый пермаллой, меднистый пермаллой, меднистый мопермаллой) увеличивает его электрическое сопротивление и снижает потери. Наибольшую магнитную проницаемость имеет супермаллой с примесью молибдена.

Из пермаллоя изготавливают детали, работающие в постоянном магнитном поле: сердечники реле, детали измерительных приборов, магнитные экраны Для работы в переменном магнитном поле из него изготавливают сердечники выходных, входных и междуламповых трансформаторов и низкочастотных дросселей. На частотах выше 20 *кгц* применять пермаллой не следует, так как на этих частотах его магнитная проницаемость становится меньше магнитной проницаемости электротехнической стали.

Пермаллоевые сердечники нельзя сильно стягивать, ударять по ним и допускать перекосы при сборке, так как это ухудшает магнитные свойства пермаллоя вследствие возникающих внутренних механических напряжений в материале.

Альсифер — сплав на основе железа, содержащий алюминий (5,4%) и кремний (9,6%). Обладает высокой магнитной проницаемостью в слабых магнитных полях; имеет малую коэрцитивную силу. Хрупок и поэтому не производится в виде листов. Детали из альсифера — магнитопроводы, работающие в постоянном или медленно изменяющемся магнитном поле, экраны и т. п. — изготавливают отливкой в форму и обрабатывают шлифованием. Кроме того, альсифер применяется для изготовления высокочастотных магнитодиэлектриков.

Основные данные низкочастотных магнитно-мягких материалов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Наименование материала	Магнитная проницаемость		Индукция насыщения, *тс*	Коэрцитивная сила, *а/м*
	Начальная	Максимальная		
Железо Армко	250	3 500—4 500	2,18	64—96
Электролитическое железо	500	15 000	2,2	28,8
Карбонильное железо	2 000—3 000	21 000	2,17	3,6
Электротехническая сталь:				
марки Э31—Э320	250—1 000	5 500—30 000	1,9—2,0	9,6—44
марки Э41—Э45	300—600	6 000—10 000	0,77—1,88	20—36
Пермендюр	1 100	4 000	2,23	144
Пермаллой 45Н	1 700—2 500	16 000—23 000	1,5	16—24
Пермаллой 50Н	1 900—3 000	19 000—35 000	1,5	14,4—20
Пермаллой 50НП*	900—1 000	30 000—40 000	1,5	24—36
Пермаллой 65НП*	400	35 000—100 000	1,3	12—16
Пермаллой основной	12 000	100 000	1,37	2
Пермаллой 50НХС	1 500—3 200	12 000—30 000	1,0	12—24
Пермаллой 80НХС (Cr-пермаллой)	16 000—35 000	70 000—170 000	0,7	0,8—4
Пермаллой 79 НМ (Mo-пермаллой)	14 000—22 000	60 000—120 000	0,75	1,6—4,8
Супермаллой	150 000	1 200 000	0,8	0,32
Альсифер	20 000	117 000	1,1	1,76

* С прямоугольной петлей гистерезиса.

Высокочастотные

Для работы на высоких частотах ферромагнитные сердечники изготавливают из порошка магнитного материала, тщательно перемешанного с высокочастотным диэлектриком. Приготовленные таким способом материалы называются магнитодиэлектриками. До недавнего времени они были самыми распространенными магнитными материалами. В последнее время они начали заменяться ферритами — керамическими оксидными магнитными материалами. Однако по ряду свойств (стабильности магнитной проницаемости и ее малой зависимости от частоты, небольшому температурному коэффициенту магнитной проницаемости) они все еще незаменимы.

Магнетит — магнитодиэлектрик, изготовляемый путем прессования порошка минерала магнетита (магнитный железняк) с бакелитовой смолой. Начальная магнитная проницаемость порядка 7, температурный коэффициент магнитной проницаемости $+1\,250 \cdot 10^{-6}$. Магнитная проницаемость изменяется со временем. Отличается большой механической прочностью. Применяется на частотах до 1 *Мгц* в виде подстроечных сердечников высокочастотных катушек индуктивности.

Альсиферовые магнитодиэлектрики — изготовляют путем прессования со стеклоэмалью зерен альсифера. Магнитная проницаемость этого магнитодиэлектрика значительно стабильнее во времени, чем у магнетита.

Наиболее распространенный высокочастотный магнитодиэлектрик.

Таблица 6

Марка альсифера	Назначение	Начальная магнитная проницаемость μ_0	Температурный коэффициент магнитной проницаемости, $TK_\mu 10^{-6}$, 1° C	Граничная частота, *кгц*
ТЧ-60	Звуковые частоты	60	—400	10
ВЧ-32	Промежуточные и высокие частоты	32	—250	500
ВЧ-30		30	—200	500
ВЧ-20		20	—70	150
ВЧК-22		22	—50	1 500
РЧ-6	Ультравысокие частоты	6	—40	45 000
РЧ-9	Высокие частоты	9	—100	2 000

Как видно из табл. 6, альсиферовые магнитодиэлектрики имеют отрицательный температурный коэффициент магнитной проницаемости, что позволяет применять их в колебательных контурах в качестве температурных компенсаторов.

Карбонильные магнитодиэлектрики изготовляют путем прессования с полистиролом или бакелитом порошка карбонильного железа.

В о с с т а н о в л е н н о е карбонильное железо можно узнать по характерному металлическому блеску. Этот магнитодиэлектрик

отличается высокой магнитной проницаемостью — до 60. Применяется на частотах не выше 200 *кгц*.

Радиочастотный карбонильный магнитодиэлектрик серого или серо-бурого цвета. Магнитодиэлектрик марки Р-4 (с начальной магнитной проницаемостью 12) применяется на частотах до 10—20 *Мгц*, а марки Р-2 «экстра» (с начальной магнитной проницаемостью порядка 16) — на частотах до 50 *Мгц*. Температурный коэффициент магнитной проницаемости $+50 \cdot 10^{-6}$. Из этого магнитодиэлектрика изготовляют цилиндрические и броневые сердечники высокочастотных катушек индуктивности.

Ферриты — магнитные материалы керамического типа, получаемые из окислов железа и некоторых других элементов (никеля, цинка и пр.). Имеют удельное электрическое сопротивление порядка 10^{12} *ом · мм²/м*, относительно большую магнитную проницаемость, узкую и крутую петлю гистерезиса и малое время перемагничивания. Чувствительны к механическим напряжениям, хотя эта чувствительность много меньше, чем у пермаллоя. К недостаткам ферритов надо отнести относительно небольшую стабильность магнитной проницаемости и обработку только шлифованием.

В настоящее время наибольшее применение имеют следующие разновидности ферритов.

Никель-цинковые ферриты типа «оксифер» — подразделяются на подгруппы в зависимости от величины магнитной проницаемости.

Оксиферы с большой магнитной проницаемостью (1 000—2 000), как правило, применяются для изготовления сердечников входных и выходных широкополосных трансформаторов, трансформаторов строчной развертки и отклоняющих систем телевизоров, маломощных магнитных усилителей, дросселей и других радиодеталей, работающих на частотах до нескольких сотен килогерц (табл. 7).

Таблица 7

Марка	Начальная магнитная проницаемость μ_0	Тангенс угла магнитных потерь при частоте 100 *кгц*	Температурный коэффициент магнитных потерь $TK_\mu 10^{-6}$, 1/° С	Допустимая рабочая температура, ° С	Допустимая рабочая частота, *Мгц*
2000	2 000	0,08	+6 000	70	0,8
1000	1 000	0,035	+4 000	110	2
600	600	0,012	+3 500	120	2,5
500	500	0,008	+3 000	120	10
400	400	0,005	+2 000	120	25
200	200	0,005	+800	120	25
РЧ-15	15	0,03*	+500	400	50
РЧ-10	10	0,014*	+200	400	50

* При частоте 50 *Мгц*.

Оксиферы с магнитной проницаемостью порядка 200—600 применяют для изготовления сердечников радиодеталей, работающих на частотах до нескольких мегагерц.

Оксиферы с малой магнитной проницаемостью (10—15) применяют для изготовления сердечников высокочастотных контурных катушек индуктивности и катушек индуктивности фильтров.

Ферриты типа «оксифер» маркируют буквами и цветными условными знаками (табл. 8).

Таблица 8

Марка	Цветной маркировочный знак
М-3000	М3; красный
М-2000	М2; красный
М-1000	М1; красный
2000	Две белые полосы
1000	Белая полоса
600	Две желтые полосы
500	Желтая полоса
400	Четыре красные полосы
200	Две красные полосы
РЧ-50	Две красные точки
РЧ-25	Красная точка
РЧ-15	Две голубые точки
РЧ-10	Голубая точка

Никель-цинковые ферриты типа Ф — по сравнению с оксиферами изготавливаются по упрощенной технологии, а потому более дешевые и распространенные материалы. Характеризуются меньшей стабильностью и большей коэрцитивной силой. Выпускаемые марки имеют то же применение, что и соответствующие оксиферы, но при меньших частотах (табл. 9).

Таблица 9

Марка феррита	Начальная магнитная проницаемость μ_0	Температурный коэффициент магнитной проницаемости $TK_{\mu}10^{-6}$ 1° С	Допустимая рабочая температура, °С	Допустимая рабочая частота, *Мгц*
Ф-2000	2 000	—	100	0,5
$Ф_1$-1000	1 000	—	100	0,75
Ф-600	600	4 000	120	1,2
Ф-400	400	2 000	110	1,5
$Ф_1$-100	100	—	400	4
Ф-20	110	—	400	15

Марганец-цинковые ферриты типа ФМ — обладают по сравнению с никель-цинковыми более высокой допустимой рабочей температурой и повышенной индукцией насыщения. Используются в качестве магнитных сердечников импульсных трансформаторов узких импульсов, магнитных усилителей, а также в радиоприемной и телевизионной аппаратуре, работающей в повышенном тепловом режиме.

Таблица 10

Марка феррита	Начальная магнитная проницаемость μ_0	Температурный коэффициент магнитной проницаемости TK_{μ} 10^{-6} 1° С	Допустимая рабочая температура, °С	Допустимая рабочая частота, *кгц*
ФМ 3000	3 000	3 500	120	200
ФМ-2000	2 000	3 500	180	300
ФМ-1000	1 000	3 000	180	1 000

Следует отметить, что некоторые предприятия выпускают марганец-цинковые ферриты марок М (М-3000, М-2000 и М-1000). Такие ферриты по своим магнитным свойствам аналогичны ферритам марки ФМ.

Магний-цинковые ферриты марок А-34 и А-1331 — предназначены для работы в диапазонах дециметровых и сантиметровых волн. Их начальная магнитная проницаемость соответственно 15 и 50, а тангенс угла магнитных потерь 0,035 и 0,03 (при частоте 1 *Мгц*) и 0,01 и 0,003 (при частоте 10 000 *Мгц*).

Литий-цинковые ферриты марки ЛЦ — имеют относильно небольшой тангенс угла магнитных потерь в диапазоне частот до 100 *Мгц*. Допустимая рабочая частота значительно выше предельной частоты никель-цинковых ферритов. Катушки индуктивности с сердечниками из этих ферритов на частотах до 100 *Мгц* имеют высокую добротность (табл. 11).

Таблица 11

Марка феррита	Начальная магнитная проницаемость μ_0	Тангенс угла потерь		Допустимая рабочая температура, °С
		при частоте 1 *Мгц*	при частоте 30 *Мгц*	
ЛЦ-15	15	0,005	0,05	500
ЛЦ-25	25	0,005	0,07	400
ЛЦ-40	40	0,004	0,08	300
ЛЦ-100	100	0,01	—	300

Полиферриты — многокомпонентные материалы, например, медно-никель-кобальт-цинковые ферриты МНЦ-55 и МНЦ-70, устойчиво работающие в диапазоне 10—100 *Мгц*. Для диапазона частот до 300 *Мгц* разработаны оксидные ферриты, содержащие барий и свинец, например свинцово-никель-кобальтовый феррит СНК-10. Магнитная проницаемость его (порядка 10) мало изменяется в диапазоне частот 100—300 *Мгц* Тангенс угла магнитных потерь 0,1, температурный коэффициент магнитной проницаемости порядка $300 \cdot 10^{-6}$.

Ферриты с прямоугольной петлей гистерезиса — предназначены для работы в схемах магнитных запоминающих устройств, логических и других элементах вычислительной техники. Они характеризуются высокой индукцией насыщения, сравнительно

небольшой коэрцитивной силой, высоким коэффициентом прямоугольности петли гистерезиса и малым временем перемагничивания. Марки таких ферритов: ВТ-1, ВТ-2, ВТ-4, К-28, К-65, ПП-1, ПП-2, ПП-4, ПП-5, ПП-24.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Древесина

В радиотехнике дерево применяют главным образом для изготовления ящиков, болванок и т. п. В качестве электроизоляционного материала дерево применять нельзя из-за его большой гигроскопичности. Для уменьшения гигроскопичности дерево сушат, а затем проваривают в канифоли, парафине (нагретом до 150—170° С) или покрывают электроизоляционным лаком.

Материалы из древесины выпускают в виде досок толщиной не более 100 *мм*, брусков, шпона (тонкие листы толщиной от 0,25 до 1,5 *мм*) и фанеры — слоистого материала из трех и более слоев шпона, склеенных между собой.

Фанера — выпускается двух видов:

Фанера клееная (из различных пород дерева) в зависимости от водостойкости делится на следующие марки:

ФСФ — повышенной водостойкости, склеенная фенольноформальдегидными клеями;

ФК и ФБА — средней водостойкости, скленная карбинольными или казеиновыми клеями;

ФБ — ограниченной водостойкости, склеенная белковыми клеями.

В зависимости от качества наружных слоев фанера выпускается нескольких сортов: А, $А_1$, АВ, В, ВВ, С, из которых А — наилучший сорт. Фанеру выпускают в листах с размерами 1 830×1 220, 1 525×1 525, 1 525×1 220, 1 525×725 и 1 220×725 *мм*. Толщины: 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 9; 10 и 12 *мм*.

Фанера березовая выпускается следующих марок:

БС-1 и БП-1 (каждая марка имеет два сорта) — с взаимно перпендикулярным направлением волокон в смежных слоях;

БПС-1 (только первого сорта) — атмосферостойная повышенной жесткости для внешних обшивок с взаимно перпендикулярным направлением волокон в смежных слоях, с рубашкой, состоящей из двух слоев.

Размеры листов фанеры БС-1 и БП-1 от 1 000×800 *мм*, а фанеры БПС-1 от 1 200×1 200 *мм* и более через 50 *мм*. Толщины для фанеры БП-1: 1; 1,5; 2; 2,5; 3 *мм*. Толщины для фанеры БС-1: 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10 и 12 *мм*. Толщины для фанеры БПС-1: 2; 2,5; 3; 4; 5 и 6 *мм*.

Сосна и ель — древесина прямослойная смолистая белого или розоватого цвета. Прочна, хорошо обрабатывается. Для гнутья вымачивают в холодной воде в течение 6 *ч* или лучше в кипящей воде в течение 15—20 *мин*.

Липа — древесина мягкая белого или желто-розоватого цвета. Хорошо обрабатывается и полируется.

Береза — плотная и крепкая древесина белого цвета.

Карельская береза — красновато-желтого цвета с очень красивым рисунком. Хорошо обрабатывается, полируется и окрашивается, а также отделывается под ценные породы.

Ольха — имеет окраску от белого до бурого цвета. Мягче березы. Легко обрабатывается, но плохо гнется. Хорошо полируется и отделывается под ценные породы.

Орех — древесина твердая, но хрупкая. Цвет от светло-серого до коричневого, с очень красивыми слоями. Прекрасно полируется и отделывается. Обычно не окрашивают.

Бук — древесина розовато-белого цвета. Легко обрабатывается. Гнется в распаренном виде. Хорошо полируется. Склонен к короблению и растрескиванию.

Дуб — очень прочная древесина светло-бурого цвета. Хорошо окрашивается морилкой от светлого до коричнево-черного цвета. Обычно лакируют или покрывают воском.

Окрашивание древесины (не закрывающее текстуру) — производится водными растворами натуральных или анилиновых красителей, а также протравами (табл. 12).

Таблица 12

Состав протравы	Доза, *г* на 1 *л* воды	Цвет крашения	Примечание
Марганцовокислый калий	20—40	Красно-коричневый	—
Солянокислый анилин	100	Ярко-желтый	—
Двухромовокислый калий Марганцевокислый калий	25 25	Под орех	Сначала наносят первый раствор, через 10 *мин* второй
Медный купорос Желтая кровяная соль	От 10 до 50 100	Под красное дерево	Второй раствор наносят после высыхания первого
Хлористый анилин Хлористая медь Двухромовокислый калий	50 50 25	Под черное дерево	Сначала наносят смесь первых двух растворов, через 10 *мин* третий
Азотная кислота (концентрированная) и вода	В равных частях по весу	Красновато-желтый (только для ели и ясеня)	—

Под красное дерево травят (имитируют) ольху, вяз, ясень, бук, кедр, вишню, березу; под черное дерево — граб, яблоню, вишню; под орех — березу и бук; под палисандр и розовое дерево — клен. Окрашивают мягкой кистью, губкой, ватным тампоном или пульве-

ризатором 2—3 раза с пятиминутными выдержками. После просушки немного шлифуют поверхность, чтобы удалить поднявшийся ворс. Затем поверхность покрывают прозрачным лаком.

Клеи

В настоящее время существует множество клеев. Чаще всего это композиции из высокополимерных веществ. Многие клеи имеют узко специальное назначение и мало распространены. Наиболее употребительны следующие клеи (применение их см. в табл. 13):

Коллагеновые — костный и мездровый (столярный). Мелконарубленные куски клея размачивают в воде в течение 6—10 *ч*, после чего нагревают в водяной бане до 70—80° С. Готовый клей должен иметь густоту жидкой сметаны. Выдержка склеиваемых поверхностей под давлением 3—5 *ч* при комнатной температуре и после снятия давления 1—2 суток. Клей невлагоустойчив.

Белковые — казеиновый и крахмальный. Порошок казеина размешивают в воде комнатной температуры до полного исчезновения комков. Для получения жидкого клея берут 2, 3 весовых частей воды на 1 весовую часть порошка; для получения густого клея — 1,7 части воды на 1 часть порошка.

Крахмальный клей приготовляют следующим образом. В 35 весовых частей воды комнатной температуры при непрерывном перемешивании высыпают 10 частей крахмала и полученный раствор нагревают до 70° С (при этой температуре раствор делается прозрачным). Выдержка при склеивании дерева 7—12 *ч*.

Резиновый клей — применяют готовый или приготовляют раствор сырого каучука в чистом бензине. Перед склеиванием поверхности обезжиривают, протирая эфиром, ацетоном или бензином (можно вместо этого тщательно зачистить напильником). Склеиваемые поверхности смазывают клеем, которому дают подсохнуть в течение 10 *мин*. Затем поверхности соединяют и крепко прижимают друг к другу. Выдержка в течение 30 *мин*.

Особыми свойствами обладает клей марки 88Н. Он предназначен для приклеивания вулканизированной резины на любой основе к металлам, стеклу и другим материалам без последующей вулканизации. Представляет собой готовый раствор, сохраняющийся в герметически закрытой посуде до 3 мес. Пленка клея не стойка к маслу и бензину. Склеиваемые поверхности подготавливают обычным способом. Затем металлические поверхности промазывают клеем и дают подсохнуть в течение 7—10 *мин*, после чего наносят второй слой и опять дают подсохнуть в течение 2—5 *мин*. Резиновые поверхности промазывают клеем 1 раз и подсушивают в течение 2—5 *мин*. Далее склеиваемые поверхности соединяют и выдерживают под небольшим давлением 24 *ч*.

Нитроцеллюлозные — к ним относятся клеи марок АК-20, АСО (выдержка без давления 18—24 *ч*) и эмалит — аэрлак А1Н первого покрытия. Целлюлозный клей можно приготовить самостоятельно из стружки целлулоида, растворив ее в ацетоне или амилацетате. Выдержка при склеивании 18—24 *ч*.

Полиметакриловые — раствор опилок органического стекла в дихлорэтане, в метиловом эфире, метакриловой кислоте, в ледяной уксусной кислоте или в муравьиной кислоте (в последних двух случаях клеи ядовиты). Выдержка при склеивании 10—18 *ч*.

Таблица 13

Склеиваемые материалы	Бумага	Древесина	Кожа	Металл	Пластмасса	Резина	Стекло	Текстиль
Бумага	Ф, Н, К, Б	Ф, К, Б	ПФ, Н, Б	Ф, ПФ, КА, Б	Ф, ПФ, КА, Н, Б	Р	ПФ, КА, Р, Б	Ф, Н, Б, К
Древесины	Ф, Н, Б, К	Ф, Б, К	ПФ, КА, Н	Ф, КА, ПФ, Б	Ф, КА, ПФ	ПФ, Р	ПФ, КА, Б	Ф, ПФ, Б, К, Н,
Кожа	ПФ, Н, Б	ПФ, КА, Н, Б	ПФ, Н	ПФ, КА, Б	ПФ, КА	ПФ, КА, Р	ПФ, КА	ПФ, КА, Н
Металл	Ф, ПФ, КА Б, Э	Ф, ПФ, КА, Б, Э	ПФ, КА Б, Э	Ф, ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Р	ПФ, КА, Э	Ф, ПФ, Р, КА, Б
Пластмасса	Ф, ПФ, Н, Э	Ф, ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Э	Ф, ПФ, Н, Э	ПФ, КА Р (88Н)	ПФ, КА Э	Ф, ПФ, КА, Н
Органическое стекло	ПФ, КА, ПК	ПФ, КА, ПК	ПФ, КА, ПК	ПФ, КА	ПФ, КА, ПК	ПФ, КА Р (88Н)	ПФ, КА	ПФ, КА, ПК
Целлулоид	КА, Н	КА, Н	КА, Н	КА	КА, Н	КА, Р (88Н)	—	КА, Н
Резина	Р	Р	КА, Р	КА, Р	КА, Р (88Н)	Р	Р (88Н), ПФ, КА	КА, Р
Стекло	ПФ, КА, Б Р	ПФ, КА, Б	ПФ, КА	ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Э	ПФ, КА Р (88Н)	ПФ, КА, Э	ПФ, КА, Б
Текстиль	Ф, Н, Б, К	Ф, ПФ, Н, Б, К	ПФ, Н	Ф, ПФ, КА, Р, Б	Ф, ПФ, Н, Б	ПФ, КА, Р	ПФ, КА, Б	Ф, Н, Б, К

Условные обозначения клеев: К — коллогеновый; Б — белковый; **Р** — резиновый; Н — нитроцеллюлозный; ПК — полиметакриловый; Ф — фенольный; ПФ — поливинилацетофенольный; КА — карбинольный; Э — эпоксидный.

Фенольные — ВИАМ-Б-3 и КБ-3. Для приготовления клея 100 весовых частей смолы ВИАМ-Б-3 смешивают с 10 частями ацетона и затем добавляют 14 частей (для Б-3) или 18 частей (для КБ-3) керосина первого сорта. Последнюю операцию надо делать в клеянке с холодной водой, так как при этом выделяется много тепла. Клей очень ядовит! На склеиваемые поверхности клей наносят кистью, делают выдержку 5—15 *мин* и поверхности соединяют. Выдержка при склеивании 6—12 *ч*.

Поливинилацетофенольные — клеи БФ-2, БФ-4 и БФ-6. Обезжиренные поверхности смазывают клеем и дают подсохнуть, затем снова промазывают клеем, соединяют и выдерживают под давлением 3—4 суток при температуре 20° С или 1 *ч* при температуре 145° С. Наилучший из клеев БФ-2, клей БФ-6 применяется только для приклеивания тканей и дерева.

Карбинольные — состоят из смеси карбинольного сиропа — 100 весовых частей и отвердителя (перекиси бензола) — 2—3 части или азотной кислоты — 1—2 части. В первом случае клей применяют для склеивания металлов, во втором — для склеивания пластмасс, стекла, слюды. Кроме того, в состав клея входит наполнитель — окись цинка, сернокислый кальций или сернокислый барий — 50—75 весовых частей. Выдержка при склеивании для клея с перекисью бензола 24 *ч* при комнатной температуре и 3—5 *ч* для клея с азотной кислотой.

Эпоксидные — состоят из эпоксидной смолы (обычно марки ЭД-6), на 100 *г* которой добавляют 6,5—10 *г* отвердителя (гексаметилендиамина или полиэтиленполиамина). После смешивания компонентов продолжительность применения клея не более 1,5 *ч*. Выдержка при склеивании без давления при комнатной температуре 24 *ч*.

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лакокрасочные покрытия возможны трех видов:

столярные, придающие дереву декоративный вид и не скрывающие слоев древесины. Образуются нанесением светлого прозрачного лака (при лакировке, когда требуется глянец) или политуры (при полировке, когда необходим зеркальный блеск);

малярные, при которых на изделие из любого материала наносят несколько слоев непрозрачного лака или краски. Применяется для защиты металла от коррозии, а дерева от гниения;

Специальные, которые образуются в результате нанесения, например, бакелитового лака на детали из текстолита или гетинакса для повышения их влагостойкости, кислотоупорного лака или эмали для защиты поверхности изделия от действия кислот, жаростойкого лака или эмали для повышения теплостойкости изделий и пр.

Чтобы лакокрасочное покрытие надежно защищало деталь, оно должно быть непроницаемо для воды и газов, прочно держаться на поверхности, быть эластичным. Необходимая прочность покрытия достигается путем нанесения краски в несколько слоев с последующей сушкой каждого слоя в отдельности, а прочность сцепления краски с поверхностью достигается предварительной грунтовкой поверхности (табл. 14).

Кроме того, перед грунтовкой поверхность должна быть очищена от окалины, ржавчины, грязи и масла. Детали из латуни, алюми-

Таблица 14

Название и марка грунта	Режим сушки		Растворитель	Назначение
	Температура, °C	Длительность, ч		
Лаковый АЛГ-1	20 65	0,65 0,1	Скипидар 8% или уайт-спирит 6% от веса грунта	Покрытие деталей из дюралюминия или электро[illegible]а
Глифталевый № 138 ГФ-020 (бывший 138 б/к)	105 20	0,5 24	Скипидар, сольвент, ксилол до 25% от веса грунта	Покрытие металлов под нитроцеллюлозные и меламиноалкидные эмали
Нитроглифталевый № 147	20	1	Растворитель 646, 647 или разбавитель РДВ до 25% от веса грунта	Для подгрунтовки отдельных дефектных поверхностей под нитроцеллюлозные эмали
Перхлорвиниловый ПХВГ-3	20	1,5	Р-4	Для покрытия металлических поверхностей под перхлорвиниловые эмали
ФЛ-ОЗК (бывший В-329) и ФЛ-ОЗКК (бывший Д-329)	105 20	0,5 48	Сольвент, уайт-спирит и ксилол до 15% от веса грунта с добавкой 3% сиккатива (экстракт № 1 или 2)	Для грунтовки металла под нитроцеллюлозные и меламиноалкидные эмали
Антикоррозийные ГФ-017	125 160	0,5 0,25	Уайт-спирит, сольвент	Для покрытия металла под нитроцеллюлозные и меламиноалкидные эмали

ния и алюминиевых сплавов перед нанесением грунта желательно оксидировать, а стальные детали — для повышения надежности защиты от коррозии — оксидировать, меднить или цинковать.

Если на поверхности имеются неровности, царапины и т. п., то после грунтовки поверхность следует шпаклевать (табл. 15).

Таблица 15

Наименование и марка шпаклевки	Режим сушки		Растворитель	Назначение
	Температура, °C	Длительность, *мин*		
Нитроцеллюлозная АШ-30 Серая	20	60	Растворитель 646 или РДВ	Наносят на грунт № 138, а также поверхность, окрашенную нитроцеллюлозными эмалями
Алкидно-стирольная АС-395-1 розовая	20	15	Ксилол и сольвент	Выравнивание поверхности, окрашенной меламиноалкидной эмалью
Лаковая АМ	100	60	—	Для выравнивания поверхностей изделий из алюминиевого литья, покрытых масляной грунтовкой
Лаковая ЛШ-1 и ЛШ-2	20 60	1 200 360	—	ЛШ-1 — для выравнивания наружных металлических поверхностей, покрытых грунтом № 138; ЛШ-2 — для выравнивания внутренних металлических и деревянных поверхностей

ЛАКИ

Масляно-смоляные и глифталевые

Лак 976-1 светлый — предназначен для покрытия монтажных схем и блоков аппаратуры для защиты их от влаги. Покрытие устойчиво против постоянного воздействия атмосферных осадков и выдерживает температуры от —60 до +70° С. Сушка 5 *ч* при температуре 90° С.

Лак 17ф прозрачный — предназначен для нанесения на предварительно окрашенные металлические и деревянные поверхности. Покрытие глянцевое средней твердости, механически прочное, неатмосфероустойчивое. Сушка 72 *ч* при температуре 20° С.

Бакелитовые

А, Б и Эф — предназначены для покрытия металлических поверхностей и деталей из гетинакса. Покрытие глянцевое высокой твердости, устойчиво против воздействия кислот, нефтепродуктов, растворителей и воздействия температур до +200° С. Имеют пониженную стойкость против удара. Сушка 1 *ч* при температуре 160° С (подъем температуры до +160° С постепенный в течение 4 *ч*).

Нитролаки (цапонлаки)

№ 951 бесцветный, № 955 черный, № 956 красный, № 959 зеленый и № 964 синий — предназначены для покрытия черных и цветных металлов, а также стекла, бумаги и дерева. Покрытие глянцевое выше средней твердости, механически прочное, но не устойчивое против постоянного воздействия атмосферы. Устойчиво против периодического кратковременного воздействия влаги и колебаний температуры от —40 до +80° С (в течение 4 *ч*). Сушка 0,5 *ч* при температуре 20° С.

ЭМАЛИ

Масляные и масляно-глифталевые

А-12Ф черная, А-14Ф стальная, А-560Ф белая — предназначены для окраски предварительно загрунтованных металлических и деревянных поверхностей. Покрытие глянцевое средней твердости, механически прочное, устойчивое против периодического воздействия воды, масла бензина. Выдерживает температуры от —60 до +70° С. Сушка 30 *ч* при температуре 20° С.

А-24г зеленая, А-26м черная и А-32г темно-серая — предназначены для окраски предварительно загрунтованных металлических и деревянных поверхностей. Покрытие матовое средней твердости, механически прочное, средней атмосфероустойчивости. Устойчиво против периодического воздействия воды, масла, бензина. Выдерживает температуры от —60 до +70° С. Сушка 50 *ч* при температуре 20° С.

2013 белая — предназначена для окраски металлических циферблатов измерительных приборов. Покрытие матовое средней твердости, механически прочное, неатмосфероустойчивое. Устойчиво против периодического воздействия воды, масла, бензина. Выдерживает температуры от —60 до +60° С. Сушка 4 *ч* при температуре 30° С.

Пр-1 шаровая — предназначена для покрытия полистирола. Сушка 24 *ч* при температуре 20° С.

1425 серая и № 1426ф защитная — предназначены для окраски различных приборов. Покрытие глянцевое средней твердости, механически прочное. Выдерживает температуры от —60 до +70° С. Сушка 1,5 *ч* при температуре 80° С для эмали № 1425 и 3 *ч* при температуре 100° С для эмали № 1426ф.

№ 2085ф черная полуглянцевая, № 2086 черная полуматовая и № 2062ф серая — предназначены для окраски металлических наружных поверхностей различных приборов. Покрытие средней твердости, механически прочное, устойчивое в условиях влажного тропического климата без постоянного воздействия солнечных лучей. Выдерживает температуры от —60 до +70° С. Сушка 1,5 *ч* при температуре 150° С и 3,5 *ч* при температуре 60° С для эмали № 2062ф.

Пентафталевые

ПФ-56 белая, ПФ-57 кремовая, ПФ-36м светло-серая, ПФ-64 серая, ПФ-68 черная, № 670 красная, № 560 белая, № 680 черная и № 690 защитная — предназначены для окраски предварительно загрунтованных металлических и деревянных поверхностей. Покрытие глянцевое ниже средней твердости, механически прочное и атмосфероустойчивое. Устойчиво против повышенной влажности и периодического воздействия минерального масла, бензина и морской воды. Обладает большой теплостойкостью, выдерживая длительный нагрев до 70° С. Сушка 48 *ч* при температуре 20° С.

Глифталевые

ЭКР-1 красная, ЭКР-4 зеленая, ЭКР-5 голубая, ЭКР-7 — светло-серая — предназначены для окраски керамических конденсаторов и нанесения опознавательных знаков на приборах. Покрытие глянцевое средней твердости, механически прочное, атмосфероустойчивое, а также устойчивое в условиях влажного климата без постоянного воздействия солнечных лучей. Сушка 8 *ч* при температуре 140° С; подъем температуры от 60 до 140° С производится постепенно в течение 30 *мин*.

№ 200 черная, № 216 зеленая, № 230 синяя, № 270 серая, № 280 белая, № 284 кремовая — предназначены для окраски металлических поверхностей, работающих в тропических условиях. Покрытие глянцевое средней твердости, механически прочное и устойчивое против атмосферных воздействий, но без постоянного пребывания на солнечном свете.

Перхлорвиниловые

ПХВ-1 белая, ПХВ-10 защитная, ПХВ-21 красная, ПХВ-23 серая, ПХВ-26 красная, ПХВ-29 шаровая, ПХВ-69 защитная, ПХВ-714 серебристая, ПХВ-715 серая — предназначены для окраски загрунтованных металлических или деревянных поверхностей, работающих при интенсивных атмосферных воздействиях (вплоть до морского тумана). Покрытие глянцевое, средней твердости, механически прочное, стойкое к периодическому воздействию минерального масла, бензина, керосина, дымовых осадков, кислот, щелочей и растворов различных солей. Пленка эмали негорюча, выдерживает температуры от —40 до +60° С, ядовита. Сушка 3 *ч* при температуре 20° С или 1 *ч* при температуре 60° С.

ХВЭ-4 зеленая, ХВЭ-12 темно-серая, ХВЭ-13 красная, ХВЭ-17 алюминиевая — предназначены для окраски загрунтованных металлических, деревянных и тканевых поверхностей. Покрытие полуглянцевое средней твердости, механически прочное, устойчивое против атмосферных воздействий и повышенной влажности, периодического воздействия воды, минерального масла, бензина, керосина, щелочей и растворов различных солей. Пленка эмали негорюча, выдерживает температуры от —40 до +50° С. Сушка 1,5 *ч* при температуре 20° С или 1 *ч* при температуре 60° С.

ХСЭ-1 белая, ХСЭ-6 желтая, ХСЭ-14 зеленая, ХСЭ-23 серая, ХСЭ-24 темно-серая и ХСЭ-25 черная — предназначены для окраски загрунтованных металлических и деревянных поверхностей. Покрытие полуглянцевое средней твердости, механически прочное, устойчивое во влажном тропическом климате без постоянного

воздействия солнечных лучей, грибоустойчиво, устойчиво против воздействия слабых минеральных кислот и периодического воздействия бензина. Выдерживает температуры от —50 до +50° С. Сушка 2 *ч* при температуре 20° С или 1 *ч* при температуре 60° С.

Нитроцеллюлозные (эмали и краски)

ДМ белая, а также желтая, коричневая, зеленая, голубая, синяя, красная, серая, черная и шаровая — предназначены для окраски загрунтованных металлических и деревянных поверхностей, не подвергающихся непосредственному воздействию атмосферы. Покрытие полуглянцевое, средней твердости, механически прочное. Можно полировать до глянца. Устойчиво против периодического воздействия минерального масла и бензина. Выдерживает температуры от —40 до +60° С. Сушка 1 *ч* при температуре 20° С или 0,25 *ч* при температуре 45° С.

№ 400 коричневая, № 401 вишневая, № 402 под слоновую кость — предназначены для окраски футляров радиоприемников. Окрашиваемая металлическая или деревянная поверхность должна быть загрунтована. Покрытие после полирования глянцевое средней твердости, неатмосфероустойчивое, выдерживает температуру до +60° С. Сушка 1 *ч* при температуре 20° С или 0,5 *ч* при температуре 60° С.

А11 алюминиевая, ДМС «А» алюминиевая — предназначены для покрытия загрунтованных металлических и деревянных поверхностей. Покрытие серебристого цвета, устойчивое против атмосферных воздействий, а также минерального масла и повышенной влажности. Выдерживает температуры от —60 до +60° С. Сушка 1 *ч* при температуре 20° С или 0,25 *ч* при температуре 45° С.

Меламиноалкидные

Это синтетические эмали для окраски автомашин. Выпускаются различных цветов и цветовых оттенков. Обладают устойчивым блеском, твердостью и влаго- и газостойкостью. Перед окраской поверхность должна быть загрунтована и прошпаклевана. Марки синтетических автоэмалей начинаются условным обозначением МЛ и далее условный номер. Например: МЛ-12-00 и пр. Сушка 1 *ч* при температуре 120° С.

Жаростойкие

№ 9 алюминиевая, АЛ-70 алюминиевая, АЛ-701 алюминиевая и АЛ-177 алюминиевая — предназначены для окраски изделий, работающих в условиях повышенной температуры. Эмали наносят непосредственно на металл. Покрытие серебристое с характерным алюминиевым блеском, средней твердости, атмосфероустойчивое. Не устойчиво против воздействия кислот и щелочей. Выдерживают температуру: № 9 до +500° С, АЛ-70 до +400° С, АЛ-177 и АЛ-701 до +300° С. Сушка 2 *ч* при температуре 150° С. Эмаль АЛ-177 можно сушить при температуре 20° С (16 *ч*) или при температуре 100° С (0,5 *ч*).

МУАР

Муар № 9 коричневая, Муар № 10 защитная, Муар № 16 синяя, Муар № 24 серая, Муар № 25 черная, Муар № 21 красная—предназначены для декоративной отделки приборов и других изделий, не

имеющих острых граней и ребер. Покрытие морщинистое, выше средней твердости, механически прочное, средней атмосфероустойчивости. Устойчиво против периодического воздействия масла и бензина. Выдерживает температуры от —60 до +70° С. Сушка эмалей № 9, 10 и 16—3 *ч* при температуре 150° С, эмалей № 21 и 24—14 *ч* при температуре 80° С, эмали № 25 — 1,5 *ч* при температуре 170° С.

«МОЛОТКОВЫЕ»

ПЭ-29 защитная, а также серая, серебристая, коричневая, бежевая и салатовая — предназначены для окраски наружных металлических поверхностей приборов. Покрытие декоративное, гладкое, с характерным рисунком, выше средней твердости, механически прочное, атмосфероустойчивое. Пригодно для работы во влажном тропическом климате. Устойчиво к воздействию солнечного света, масла и бензина. Грибоустойчиво. Выдерживает температуры от —60 до +70° С. Сушка при температуре 120° С 1 *ч*.

Цена 14 коп.